



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

⑧⑦ **EP 0 520 774 B 1**

⑩ **DE 692 26 574 T 2**

⑤① Int. Cl.⁶:
H 04 N 1/40

- ②① Deutsches Aktenzeichen: 692 26 574.0
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen: 92 305 808.5
⑧⑥ Europäischer Anmeldetag: 24. 6. 92
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 30. 12. 92
⑧⑦ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 12. 8. 98
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 22. 4. 99

DE 692 26 574 T 2

- ③⑩ Unionspriorität:
721138 26. 06. 91 US
- ⑦③ Patentinhaber:
Sun Microsystems, Inc., Mountain View, Calif.
94043-1100, US
- ⑦④ Vertreter:
Zenz, Helber, Hosbach & Partner, 45128 Essen
- ⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, IT, NL, SE

- ⑦⑦ Erfinder:
Chang, Sheue Ling, San Jose, California 95129, US;
Gosling, James, Mountain View, California 94043,
US

- ⑤④ Verfahren und Gerät zur Reduktion des benötigten Speicherumfangs in einem digitalen Halblitronrasterungssystem

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II 5 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 26 574 T 2

12.11.90

PATENTANWÄLTE ZENZ, HELBER, HOSBACH & PARTNER · HUYSSSENALLEE 58-64 · D-45128 ESSEN

EP 92305808.5-2202
EP 0 520 774

S 1230
S-dwimu

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. GEBIET DER ERFINDUNG:

5

Das Verfahren und die Einrichtung gemäß der vor-
liegenden Erfindung beziehen sich auf das Gebiet der digita-
len Halbtonrasterung. Insbesondere bezieht sich die vorlie-
gende Erfindung auf die Speicherung von Halbtonzellen in ei-
10 ner optimalen Weise, um bei gleichzeitiger Erhaltung der
Leistungsfähigkeit Speicherraum einzusparen.

2. HINTERGRUND IM STAND DER TECHNIK:

15

Die Technik der Halbtonrasterung wird in breitem
Umfang in der Druckindustrie zum Drucken kontinuierlicher
Tönungen von Bildern, wie beispielsweise Fotografien, in ei-
ner diskreten Form unter Verwendung einer begrenzten Anzahl
von Farben verwendet. Beispielsweise werden einfarbige Bil-
20 der, wie beispielsweise Fotografien, die in einer Zeitung
erscheinen, unter Verwendung von zwei Farben, schwarz und
weiß, wiedergegeben und werden typischerweise erzeugt, indem
schwarze Flecken auf weißem Papier erzeugt werden. Farbbil-
der, wie beispielsweise die in Magazinen oder Zeitungen zu
25 findenden, werden durch eine geringe Anzahl von Farben dar-
gestellt. Die Halbtonrasterung nutzt dabei eine räumliche
Integration aus, um das Bild zu erzeugen. Die räumliche In-
tegration wird von dem Auge ausgeführt, wenn es eine kleine
Fläche aus einem großen Betrachtungsabstand sieht, wobei das
30 Auge feine Details innerhalb der kleinen Fläche mittelt und
nur die Gesamtintensität und Farbe der Fläche aufnimmt.

Durch eine Gruppierung mehrerer Anzeigeelemente in
kleinen Gittern oder Matrizen, die Halbtongitter genannt

werden, wird die räumliche Auflösung der Anzeigerausgabe abgesenkt und die Gesamtzahl der Intensitätspegel oder Graustufen, die in einer Fläche darstellbar sind, wird erhöht. Beispielsweise durch Gruppieren von vier Anzeigeelementen in
5 eine 2x2-Matrix wird die räumliche Auflösung der Anzeigerausgabe um die Hälfte abgesenkt, aber die Anzahl der darstellbaren Graustufen auf 5 erhöht.

Das Halbtongitter ist definiert durch die Abbildung eines gleichmäßigen Gitters kleiner Matrizen, die als Halbtonzellen bezeichnet werden, auf eine Anzeigeeinrichtungsausgabepixelmatrix (im folgenden als Anzeigeraum bezeichnet). Das Halbtongitter hat eine Frequenz (Anzahl der Halbtonzellen pro Maßeinheit im Anzeigeraum) und einen Winkel (Orientierung des Gitters relativ zum Anzeigeraumkoordinatensystem). Jedes Anzeigeelement (als "Pixel" bezeichnet) des Anzeigeraums entspricht einem Element in der Halbtonzelle. Eine Fläche des Anzeigeschirms kann an eine Grauschattierung angenähert werden, indem eine bestimmte Menge
20 der Pixel innerhalb der Fläche in einem vorgegebenen Muster und einer vorgegebenen Reihenfolge ein- (zum Beispiel "weiß") oder aus- (zum Beispiel "schwarz") geschaltet wird. Bei einer Anzeigeeinrichtung, wie beispielsweise einem Drucker, wird der Hintergrund auf weiß initialisiert, was die
25 Tatsache reflektiert, daß das Bild nachfolgend ausgegeben wird, um auf weißes Papier gedruckt zu werden, und daß die aktivierten Pixel als schwarze "Flecke" ausgegeben werden, die die auf das weiße Papier gedruckte Tinte darstellen. Bei einer Anzeigeeinrichtung, wie beispielsweise einer Computergrafikanzeigeeinrichtung, wird der Hintergrund üblicherweise
30 auf schwarz oder eine dunkle Farbe initialisiert und die aktivierten Pixel werden "eingeschaltet" und erscheinen als weiße Flecken oder helle Farben auf dem Schirm. Aus Gründen der Erläuterung werden die aktivierten Pixel in der folgenden Beschreibung als weiß angenommen. Für den Fachmann ist
35 es jedoch klar, daß in Abhängigkeit von dem System und der

Ausgabeeinrichtung die aktivierten Pixel auch von anderer vorgegebener Farbe sein können. Insbesondere können bei einem entsprechenden gedruckten Bild die aktivierten Pixel schwarz sein.

5

Numerisch ist der innerhalb einer Zelle dargestellte Grauwert das Verhältnis der Anzahl der Pixel, die weiß sind, zur Gesamtanzahl der Pixel in der Zelle. Wenn sich ein Grauwert der Zelle von schwarz nach weiß ändert, werden zunehmend mehr Pixel in jeder Zelle von schwarz auf weiß in einer definierten Reihenfolge geändert. Die Reihenfolge, in welcher die Pixel sich von schwarz nach weiß für ansteigende Grauwerte ändern, wird durch einen Benutzer mit einer mathematischen Funktion spezifiziert, die Punkt- oder Fleckfunktion genannt wird. Die Fleckfunktion wird verwendet, um eine Mehrzahl von Schwellenwerten zu berechnen, wobei jedem Anzeigeelement in der Halbtonzelle ein Wert zugeordnet ist. Die unterschiedlichen Größen der Schwellenwerte geben die Reihenfolge vor, in welcher sich die Pixel bei einem ansteigenden Grauwert von schwarz nach weiß ändern, d.h., die Schwellenwerte werden mit dem Wert verglichen, den den gewünschten Intensitätspegel repräsentiert. Wenn der einem speziellen Anzeigepixel zugeordnete Schwellenwert größer als der gewünschte Intensitätspegel einer Fläche ist, wird das Pixel aktiviert. Für weitere Informationen über den Halbtonrasterungsprozeß siehe: Foley, et al., "Computer Graphics, Principles and Practice", zweite Auflage, Seiten 569 bis 573 (Addison - Wesley Publishing, 1990); oder Ulichney, "Digital Halftoning" (MIT Press, 1987); oder Adobe Systems, Inc., "POSTSCRIPT Language Reference Manual", Seiten 84 bis 87 (Addison - Wesley Publishing, 1986).

Typischerweise wird in Abhängigkeit von der von dem Benutzer spezifizierten Fleckfunktion, der Halbtonrasterfrequenz und dem Halbtonrasterwinkel eine binäre Darstellung der Halbtonzelle für jeden der verschiedenen Inten-

sitätspegel berechnet. Diese binäre Darstellung wird Graumuster genannt. Eine Sammlung von Graumustern für sämtliche möglichen Intensitätspegel wird zuvor berechnet und im Speicher gespeichert. Wenn ein Halbtonrasterbild erzeugt wird, wird das Graumuster für eine spezielle Intensität dann so aus dem Speicher gewonnen, wie es zum Bestimmen der zu aktivierenden Pixel erforderlich ist. Je mehr Pixel es gibt, welche eine Halbtonzelle bilden, desto größer ist die Anzahl der unterschiedlichen Intensitäten, die dargestellt werden können, und desto größer ist die zum Speichern der Graumuster erforderliche Speichermenge.

Die von der Fleckfunktion erzeugten Schwellenwerte sind von dem Ort der Pixel in der Halbtonzelle relativ zum Mittelpunkt der Halbtonzelle abhängig. Sofern jede Halbtonzelle in gleichmäßiger Weise an den Pixeln im Anzeigeraum ausgerichtet ist, kann eine kleine Halbtonzelle verwendet werden, um über den gesamten Anzeigeraum repliziert zu werden, und eine einzige Schwellenwertmatrix kann benutzt werden, um die Reihenfolge der Pixel zu bestimmen, die zur Wiedergabe eines gesamten Bildes aktiviert werden sollen. Typischerweise sind jedoch die Halbtongitter nicht exakt mit dem Anzeigeraumgitter ausgerichtet. Es ist ein komplexes Verfahren, jede Halbtonzelle in gleichmäßiger Weise mit dem Anzeigeraumgitter auszurichten, weil die Gittergröße der Halbtonzelle normalerweise nicht gleich der Gittergröße des Anzeigeraums ist und weil die Matrix der Halbtonzellen üblicherweise einen anderen Orientierungswinkel als das Anzeigeraumgitter hat. Wenn ein Schwellenwert für jedes Pixel des Anzeigeraums berechnet würde, so wäre eine unendliche Menge unterschiedlicher Halbtonzellen zu berechnen, um jede mögliche Konfiguration von Pixelorten innerhalb einer Zelle zu behandeln.

Das Problem des Ausrichtens der Halbtonzelle im Anzeigeraum ist durch Figur 1 veranschaulicht. Die Halbton-

zellen werden in einem Winkel zur Matrix der Pixel des Anzeigeraums abgebildet. Obwohl ein Eckpunkt 50 der Zelle direkt auf einen Pixelort (in Figur 1 treten die Pixelorte an den Schnittpunkten der Gitterlinien auf) abgebildet ist, ist dies für die verbleibenden Eckpunkte 30, 40, 60 nicht der Fall. In ähnlicher Weise sind die angrenzenden Halbtonzellen mit den Eckpunkten 10, 20, 30, 40 nicht präzise an der Pixelmatrix ausgerichtet. Da die relativen Pixelorte innerhalb jeder Halbtonzelle sich von Halbtonzelle zu Halbtonzelle ändern, würden die für jeden Pixelort erzeugten Schwellenwerte in jeder Halbtonzelle differieren.

Um dieses Problem zu überwinden, wurde eine Technik ersonnen, um die Halbtonzellen an der Pixelmatrix bei minimalem Fehler auszurichten, wobei die Eckpunkte der Halbtonzellen zum nächstliegenden Pixel gerundet werden. Dies kann unter Bezugnahme auf Figur 2A veranschaulicht werden. Unter Verwendung der Länge einer Seite einer Zelle R_d , welche direkt der vom Benutzer spezifizierten Halbtonfrequenz und dem gewünschten Halbtonzellenwinkel in Bezug auf den Koordinatenraum Θ_d entspricht, wird der revidierte Zellenfrequenzwert gemäß den folgenden Gleichungen bestimmt:

$$\begin{aligned} a &= \text{INT}[R_d \cos(\Theta_d)] \\ b &= \text{INT}[R_d \sin(\Theta_d)] \end{aligned}$$

wobei R_d die gewünschte Länge einer Seite der Halbtonzelle ist, Θ_d dem gewünschten Winkel der Halbtonzelle in Bezug auf den Anzeigeraum entspricht, INT eine Ganzzahlrundungsfunktion darstellt, welche den Eckpunkt auf das nächstliegende Pixel rundet. Der Wert "a" stellt den inkrementalen Ganzzahlwert (in Einheiten, wie beispielsweise Pixel) von einem Eckpunkt zum benachbarten Eckpunkt entlang einer ersten Achse (zum Beispiel der x-Achse) dar, und "b" stellt den inkrementalen Ganzzahlwert entlang der zweiten Achse (zum Beispiel der y-Achse) dar. Somit ist die aktuelle Länge

der Halbtonzelle (R_a) gleich $\text{SQRT}(a^2 + b^2)$ und der aktuelle Winkel ist Θ_a , wobei Θ_a gleich $\text{ARCTAN}(b/a)$ ist, und wobei SQRT eine Quadratwurzelfunktion und ARCTAN eine Arcustangensfunktion repräsentiert. Im folgenden wird Θ_d als der
 5 "gewünschte Halbtonrasterwinkel" und Θ_a als der "aktuelle Halbtonrasterwinkel" bezeichnet. R_d wird als "gewünschte Zellenfrequenz" und R_a als "aktuelle Zellenfrequenz" bezeichnet. Unter Verwendung des aktuellen Halbtonrasterwinkels Θ_a , der aktuellen Zellenfrequenz R_a und der Werte a und
 10 b können die eingestellten Halbtonzellen konstruiert werden. Die eingestellten Halbtonzellen können, wie es in Figur 2B dargestellt ist, über den Anzeigeraum konstruiert werden, um die Abbildung von Halbtonzellen auf die Matrix des Anzeigeraums zu vervollständigen. Die konstruierten aktuellen
 15 Halbtonzellen sind von gleichmäßiger Größe und sind zu den Pixeln des Anzeigeraums ausgerichtet, wodurch eine einzige Schwellenwertmatrix auf sämtliche Halbtonzellen anwendbar ist.

20 Der Nachteil dieser Technik besteht in dem durch das Einstellen der Halbtonzellen eingebrachten Fehler. Der Winkel der aktuellen Halbtonzellen zum Anzeigekoordinatenraum (Θ_a) und die Länge einer Seite der aktuellen Halbtonzelle (R_a) variieren geringfügig gegenüber dem gewünschten
 25 Winkel und der Frequenz (Θ_d und R_d), was einen geringen Fehler bewirkt.

Der Fehler zwischen der aktuellen Frequenz R_a , dem aktuellen Winkel Θ_a und der gewünschten Frequenz R_d und dem
 30 gewünschten Winkel Θ_d kann, wie es in Figur 3 veranschaulicht ist, durch die Konstruktion von "Superzellen", welche aus einer Mehrzahl von Halbtonzellen zusammengesetzt sind, verringert werden. Der Winkel der Superzelle in Bezug auf den Anzeigeraum und die aktuelle Frequenz der Halbtonzelle
 35 können so eingestellt werden, daß sie ziemlich nahe an dem vom Benutzer gewünschten Winkel und der Frequenz sind, indem

die Anzahl der in jeder Superzelle enthaltenen Halbtonzellen erhöht wird. Je größer die Superzelle, desto geringer ist der Einstellungsfehler, aber desto größer ist die zum Speichern der die Schwellenwerte enthaltenen Superzelle erforderliche Speichergröße. Somit gibt es einen Kompromiß zwischen der Genauigkeit, d.h. der Größe des Einstellfehlers, und der erforderlichen Speichermenge. Üblicherweise wird der Kompromiß gelöst, indem der Benutzer eine vorgegebene Toleranz vorgibt und eine Superzelle erzeugt, die innerhalb der Toleranz liegt. Wenn beispielsweise der vom Benutzer spezifizierte Winkel 15° und die vorgegebene Toleranz $0,01^\circ$ wären, würde eine Superzelle erzeugt, die einen Winkel innerhalb des Bereichs von $14,99^\circ$ bis $15,01^\circ$ hat. Sobald die Größe der Halbtonzelle bestimmt ist, werden die Zellen über dem Anzeigeraum zusammen"geheftet".

Die zum Aufnehmen der Schwellenwertmatrix erforderliche Speichermenge ist im Hinblick auf die Kosten und die Leistung des Systems sehr wichtig. In Abhängigkeit von der von einem Benutzer spezifizierten Toleranz des Winkels und der Frequenz kann die Informationsspeicherung eine große Menge Speicher beanspruchen. Außerdem fluktuieren typische Speichertechniken in Abhängigkeit von dem Winkel der Halbtonzelle relativ zum Anzeigeraum.

25

EP-A2-0 427 380 (Adobe) offenbart ein Verfahren zum Erzeugen von Halbtonbildern unter Verwendung von mehr als eine Halbtonzelle enthaltenden Super-Überdeckelementen oder -Kacheln (supertiles), welche so umgeformt werden können, daß sie nur ganze Pixel verwenden, um eine "Utah"-Kachel (tile) bilden, die zwei Quadrate aufweist und im wesentlichen den US-Bundesstaat Utah nachbildet.

30

ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist folglich ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zum Speichern von Halbtonzellen in einer minimalen Menge von Speicherraum zur Verfügung zu stellen.

Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zum Speichern von Halbtonzellen zum schnellen und einfachen Wiedergewinnen unter Verwendung der minimalen Menge des Speicherraums zur Verfügung zu stellen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Verfügung gestellt, wie es im Anspruch 1 angegeben ist.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird darüber hinaus eine Einrichtung zur Verfügung gestellt, wie sie im Anspruch 14 angegeben ist.

Bei dem bevorzugten Verfahren und der bevorzugten Einrichtung wird eine Bilderzeugungseinrichtung zur Verfügung gestellt, bei welcher eine digitale Halbtonzelle von Schwellenwerten erzeugt und in eine Mehrzahl von "Kacheln" (tiles) aufgebrochen wird, die ausgehend von den Orten der vier Ecken der Halbtonzelle bestimmt werden. Die Kacheln bilden, wenn sie zusammengefügt werden, einen Begrenzungsrahmen um die Halbtonzelle herum. Diese Kacheln werden zu einer Schwellenwertmatrix von Schwellenwerten angeordnet, wobei die Breite der Matrix gleich der Anzahl von Schwellenwerten in einer Sequenz von Schwellenwerten über einer Zeile von zusammenhängenden Kacheln und die Höhe der Matrix gleich dem größten gemeinsamen Nenner des x-Achsen-Inkrementes und

12.11.98

9

y-Achsen-Inkrement zwischen den Eckpunkten der Halbtonzelle ist.

Die Schwellenwertmatrix wird im Speicher für eine
5 nachfolgende Bezugnahme während des Halbtonrasterprozesses
gespeichert. Durch das Verfahren und die Einrichtung gemäß
der vorliegenden Erfindung wird die zum Speichern der
Schwellenwerte erforderliche Speichermenge wesentlich redu-
ziert, während die Geschwindigkeit und Leichtigkeit des Zu-
10 griffs auf die Schwellenwerte während des Halbtonrasterpro-
zesses erhalten bleibt.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der Erfindung deutlich, in welcher

FIGUR 1 vier benachbarte Halbtonzellen veranschaulicht;

10 FIGUREN 2a und 2b die Einstellung der Halbtonzelle derart, daß sie mit dem Anzeigeraumgitter übereinstimmen, veranschaulichen;

FIGUR 3 eine Halbton-"Superzelle" veranschaulicht, 15 die aus mehreren benachbarten Halbtonzellen zusammengesetzt ist;

FIGUR 4 ein veranschaulichendes Computersystem zeigt, das bei dem System der vorliegenden Erfindung verwendet wird; 20

FIGUR 5a einen um die Halbtonzelle herum erzeugten Begrenzungsrahmen veranschaulicht, und

25 FIGUR 5b die bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erzeugten Kacheln veranschaulicht.

FIGUREN 6a und 6b sind Ablaufdiagramme, die ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung beschreiben. 30

FIGUREN 7a und 7b veranschaulichen die Kachel-Erzeugung bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. 35

12.11.98

11

FIGUREN 8a und 8b veranschaulichen die Verwendung von Zeigern bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

5 FIGUREN 9a und 9b veranschaulichen das Kachelüberdeckkonzept, das bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

10 FIGUREN 10a, 10b, 10c, 10d und 10e veranschaulichen die Prozedur des "Abwickelns" (unwrapping) der Kacheln, das bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung benutzt wird.

15 FIGUR 11 veranschaulicht die Abbildung der Schwellenwertmatrix in den Anzeigeraum bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNGSchreibweise und Terminologie

5 Die folgenden detaillierten Beschreibungen werden weitgehend anhand von Algorithmen und symbolischen Darstellungen von Operationen an Datenbits innerhalb eines Computerspeichers präsentiert. Diese algorithmischen Beschreibungen und Darstellungen sind diejenigen Mittel, die von den
10 Fachleuten auf dem Gebiet der Datenverarbeitung verwendet werden, um auf effektivste Weise das Wesen ihrer Arbeit anderen Fachleuten zu übermitteln.

Unter einem Algorithmus wird hier und im allgemeinen eine in sich konsistente Sequenz von Schritten verstanden, die zu einem gewünschten Ergebnis führen. Diese Schritte sind jene, die physikalische Bearbeitungen physikalischer Größen erfordern. Üblicherweise, aber nicht notwendigerweise, nehmen diese Größen die Form elektrischer oder magnetischer Signale an, die gespeichert, übertragen, kombiniert, verglichen oder auf andere Weise bearbeitet werden können. Hauptsächlich aus Gründen der allgemeinen Benutzung hat es sich gelegentlich als günstig herausgestellt, auf diese Signale als Bits, Werte, Elemente, Symbole, Zeichen, Terme,
20 Nummern oder dergleichen Bezug zu nehmen. Es sei jedoch daran erinnert, daß all diese und ähnliche Bezeichnungen den richtigen physikalischen Größen zugeordnet sein sollen und mehr oder weniger geeignete Bezeichnungen für diese Größen sind.

30

Darüber hinaus werden die ausgeführten Bearbeitungen oftmals mit Bezeichnungen, wie Addieren oder Vergleichen, versehen, welche üblicherweise den durch einen menschlichen Bediener ausgeführten geistigen Operationen zugeordnet sind. Keinerlei derartige Fähigkeiten eines menschlichen
35 Bedieners sind bei den hier beschriebenen Operationen, wel-

che Teil der vorliegenden Erfindung bilden, notwendig und in den meisten Fällen auch nicht erwünscht; die Operationen sind Maschinenoperationen. Nützliche Maschinen zum Ausführen der Operationen der vorliegenden Erfindung umfassen digitale Mehrzweckcomputer oder andere ähnliche Einrichtungen. In sämtlichen Fällen sei an den Unterschied zwischen den Verfahrensoptionen beim Betreiben eines Computers und den Verfahren der Berechnung selbst erinnert. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahrensschritte zum Betreiben eines Computers bei der Verarbeitung elektrischer oder anderer (z.B. mechanischer oder chemischer) physikalischer Signale, um andere gewünschte physikalische Signale zu erzeugen.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich darüber hinaus auf eine Einrichtung zum Ausführen dieser Operationen. Diese Einrichtung kann speziell für den erforderlichen Zweck konstruiert sein, oder sie kann einen Mehrzweckcomputer umfassen, der von einem in dem Computer gespeicherten Computerprogramm selektiv aktiviert oder umkonfiguriert wird. Die hier präsentierten Algorithmen beziehen sich nicht von sich aus auf einen speziellen Computer oder eine andere Einrichtung. Insbesondere können verschiedene Mehrzweckmaschinen mit Programmen verwendet werden, die gemäß den hier gegebenen Lehren geschrieben sind, oder es kann sich als geeigneter herausstellen, spezialisiertere Einrichtungen zum Ausführen der erforderlichen Verfahrensschritte zu konstruieren. Die erforderliche Struktur für eine Vielzahl dieser Maschinen ergibt sich aus der im folgenden gegebenen Beschreibung.

Allgemeine Systemkonfiguration

Figur 4 zeigt ein typisches computerbasiertes System zur Wiedergabe digitaler Halbtonrasterbilder gemäß der

vorliegenden Erfindung. Es ist ein Computer 101 gezeigt, welcher drei Hauptkomponenten aufweist. Die erste dieser Hauptkomponenten ist die Eingabe/Ausgabe(I/O)-Schaltung 102, welche verwendet wird, um Informationen in einer geeignet

5 strukturierten Form mit anderen Teilen des Computers 101 auszutauschen. Ebenfalls als Teil des Computers 101 sind die zentrale Verarbeitungseinheit (CPU) 103 und der Speicher 104 gezeigt. Die letztgenannten beiden Elemente sind diejenigen, die typischerweise in den meisten Mehrzweckcomputern und na-

10 hezu sämtlichen speziellen Computern zu finden sind. Tatsächlich sind die verschiedenen im Computer 101 enthaltenen Elemente repräsentativ für diese breite Kategorie von Datenprozessoren. Spezielle Beispiele für geeignete Datenprozessoren, die die Rolle des Computers 101 erfüllen, umfassen

15 die von Sun Microsystems, Inc., Mountain View, Kalifornien, hergestellten Maschinen. Andere Computer mit gleichen Fähigkeiten können selbstverständlich auf einfache Weise angepaßt werden, um die unten beschriebenen Funktionen auszuführen.

20 Außerdem ist in Figur 4 eine Eingabeeinrichtung 105 gezeigt, die in typischer Ausführung als Tastatur gezeigt ist. Es ist jedoch klar, daß die Eingabeeinrichtung auch ein Kartenleser, ein Magnet- oder Papierbandleser oder eine andere gut bekannte Eingabeeinrichtung (einschließlich

25 selbstverständlich eines anderen Computers) sein kann. Eine Massenspeichereinrichtung 106 ist mit der I/O-Schaltung 102 gekoppelt und stellt eine zusätzliche Speichermöglichkeit für den Computer 101 zur Verfügung. Der Massenspeicher kann andere Programme und dergleichen enthalten und kann die Form

30 eines Magnet- oder Papierbandlesers oder einer anderen gut bekannten Einrichtung annehmen. Es ist klar, daß die innerhalb des Massenspeichers 106 gehaltenen Daten in geeigneten Zellen in einer üblichen Weise in den Computer 101 als Teil des Speichers 104 aufgenommen werden können. Eine Cursor-

35 steuereinrichtung 108 wird verwendet, um Kommandomodi auszuwählen und die Eingabedaten zu editieren und schafft im all-



gemeinen ein geeigneteres Mittel, um Informationen in das System einzugeben.

Zusätzlich ist ein Anzeigemonitor 107 veranschaulicht, welcher verwendet wird, um Nachrichten oder andere Mitteilungen an den Benutzer anzuzeigen. Ein solcher Anzeigemonitor kann die Form eines beliebigen verschiedener gut bekannter Arten von Kathodenstrahlröhren-Displays annehmen. Vorzugsweise kann der Anzeigemonitor 107 die graphischen Bilder, d.h. die digitalen Halbtonrasterbilder anzeigen, die gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung wiedergegeben werden. Der Rasteranzeigemonitor ist aus einer Matrix von Anzeigeelementen, die als Pixel bezeichnet werden, zusammengesetzt, welche in einer vorgegebenen Weise aktiviert oder "eingeschaltet" werden, um ein Bild zu bilden. Die das anzuzeigende Bild wiedergebenden Bilddaten werden zunächst in den Einzelbildpuffer 110 geschrieben. Die Bilddaten geben die Farbe, Intensität und den Ort jedes zu aktivierenden Anzeigeelements an. Eine Anzeigesteuereinrichtung 109 liest die Bilddaten aus dem Einzelbildpuffer und aktiviert die Pixel, um das Bild zu erzeugen.

Verfahrensbeschreibung

25

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des digitalen Halbtonrasterprozesses gemäß der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Ablaufdiagramme der Figuren 6a und 6b erörtert. Am Block 200 spezifiziert der Benutzer die Frequenz der zu erzeugenden Halbtonzelle und den Winkel, in dem die Halbtonzelle in bezug auf das Anzeigeraumgitter orientiert sein soll, sowie eine Toleranz, mit der der Winkel innerhalb der Grenzen variieren kann. Beispielsweise kann der Benutzer eine Halbtonfrequenz von 60 Halbtonzellen pro Zoll bei einem Winkel von 15° und einer Toleranz von 0,01 Grad angeben. Beispielsweise hat, wie es in Figur 2a gezeigt ist,



die gewünschte Halbtonzelle Eckpunkte oder Endpunkte 30, 40, 50 und 60. Am Block 210 gemäß Figur 6a wird die in bezug auf das Anzeigeraumgitter eingestellte Halbtonzelle erzeugt. Die eingestellte Halbtonzelle hat die Endpunkte 80, 90, 50 und 5 70. Die Endpunkte der eingestellten Halbtonzelle werden unter Verwendung der folgenden Gleichung bestimmt:

$$a = \text{INT} [R_d \cos (\Theta_d)]$$

10 $b = \text{INT} [R_d \sin (\Theta_d)]$

wobei R_d die gewünschte Länge der Seite der Halbtonzelle ist, Θ_d den gewünschten Winkel der Halbtonzelle in Bezug auf den Anzeigeraum darstellt und INT eine Ganzzahlrundungsfunktion repräsentiert, welche den Wert zur 15 nächstliegenden ganzen Zahl rundet.

Der "a"-Wert stellt den inkrementalen Ganzzahlwert in Einheiten des Anzeigeraums (z.B. Pixel) von einem Eckpunkt der Halbtonzelle, beispielsweise dem Eckpunkt 50, zum 20 benachbarten Eckpunkt, Eckpunkt 70, entlang einer ersten Achse (z.B. der x-Achse) zur Verfügung und "b" stellt den inkrementalen Ganzzahlwert entlang der zweiten Achse (zum Beispiel der y-Achse) dar. Um den nächsten Eckpunkt, den 25 Eckpunkt 80, der Zelle in der zu dem bestimmten Eckpunkt diagonalen Richtung zu bestimmen, wird der Wert a als inkrementaler Ganzzahlwert entlang der zweiten Achse und der Wert b als inkrementaler Ganzzahlwert entlang der ersten Achse verwendet. In ähnlicher Weise wird der nächste Eckpunkt, der 30 Eckpunkt 90, bestimmt, indem der Wert a als inkrementaler Ganzzahlwert entlang der ersten Achse und der Wert b entlang der zweiten Achse verwendet wird.

Wie es in Figur 5a veranschaulicht ist, kann dieses Verfahren fortgesetzt werden, um sämtliche benachbarten 35 Eckpunkte, 50, 70, 80, 90, sowie Begrenzungsrahmen zu be-

stimmen. Der Begrenzungsrahmen ist ein entlang der X- und Y-Achsen orientiertes Quadrat mit den Kanten 330, 335, 340 und 345, welches die eingestellte Halbtonzelle umschließt. Jede Seite des Begrenzungsrahmens schneidet einen Eckpunkt der

5 Halbtonzelle und die Achse, in der jede Seite des Begrenzungsrahmens orientiert ist, ist die Hauptachse der zugehörigen Seite der Halbtonzelle. Die Länge jeder Kante ist die Größe $a + b$. Wie dargelegt werden wird, wird der Begrenzungsrahmen auf den Anzeigeraum abgebildet. Vorzugsweise

10 werden, um Rechenzeit und -aufwand zu sparen, die Eckpunkte eines einzigen Begrenzungsrahmens bestimmt. Der gleiche Begrenzungsrahmen kann dann auf den gesamten Anzeigeraum angewendet werden, wodurch Speicher gespart und der Wiedergabe-prozeß vereinfacht werden. So wird es bevorzugt, daß eine

15 einzige Zelle konstruiert wird und die Eckpunkte unter Verwendung von a und b bestimmt werden. Dies ist graphisch anhand von Figur 5a gezeigt, welche die Halbtonzelle 300 in einem vorgegebenen Winkel in bezug auf das Anzeigeraumgitter zeigt, welches in horizontaler und vertikaler Orientierung

20 bei 0° bzw. 90° verläuft. Kacheln (tiles), welche verwendet werden, um die Halbtonzelle darzustellen, können graphisch bestimmt werden, indem zunächst der Begrenzungsrahmen 325 um die Eckpunkte 50, 70, 80 und 90 der eingestellten Halbtonzelle herum gezeichnet wird, Block 220. Dieser Begrenzungs-

25 rahmen 325 hat eine erste Seite 330, eine zweite Seite 335, eine dritte Seite 340 und eine vierte Seite 345. Im Block 220 werden die Kacheln, welche zum Darstellen der Halbtonzelle verwendet werden sollen, dann konstruiert. Es wird auf Figur 5b Bezug genommen. Fünf Kacheln 350, 355, 400, 405 und

30 410 werden konstruiert. Diese fünf Kacheln 350, 355, 400, 405 und 410 bilden einen Begrenzungsrahmen um die eingestellte Halbtonzelle 300 herum. Die Kacheln werden durch die Linien begrenzt, die die Eckpunkte 50, 70, 80 und 90 der eingestellten Halbtonzelle verbinden. Diese Kacheln sind für

35 die Schwellenwerte repräsentativ, die im Speicher gespeichert sind, um die Halbtonzellen des Anzeigeraums darzustel-

len. Es sei angemerkt, daß die Kachel 350 ein Duplikat der Kachel 400 und die Kachel 355 gleich der Kachel 405 ist, so daß sie nicht separat im Speicher dargestellt werden müssen. Somit ist der gesamte Anzeigeraum definiert durch die drei
 5 Kacheln 400, 405 und 410. Diese Kacheln werden in der gleichen Weise in bezug aufeinander abgebildet, unabhängig vom Ort der Kacheln im Anzeigeraum, wodurch ein einfaches Mittel zum Verwenden der Kacheln zur Verfügung gestellt wird.

10 Die drei erzeugten Kacheln 400, 405, 410 sind einfache Rechtecke. Es wird auf Figur 7a Bezug genommen. Die Größe und Orientierung der Kacheln in bezug auf den Begrenzungsrahmen wird jetzt beschrieben. Ein erster Eckpunkt 50 wird am X-Y-Koordinaten-Punkt $(0,0)$ errichtet. Der benach-
 15 barte Eckpunkt 70 ergibt sich dann am Ort (a, b) , da, wie oben erörtert, der inkrementierte Wert entlang der x-Achse gleich a ist und der inkrementierte Wert entlang der y-Achse gleich b ist. Der nächste Eckpunkt 80 ist am Ort $(a-b, b+a)$, weil der Inkrementalwert in x gleich b ist und der Inkremen-
 20 talwert in y gleich a ist. Es folgt, daß der letzte Eckpunkt 90 am Ort $(-b,a)$. In ähnlicher Weise sind die Anzahl, Größe und Form der Kacheln von der Größe und Orientierung (d.h. dem Wert von Θ) der Zelle abhängig. Wenn beispielsweise Θ_a gleich 0° , 90° oder 180° ist, wird nur eine Kachel erzeugt.
 25 Wenn Θ_a gleich 45° , 135° , 225° oder 315° ist, werden zwei Kacheln erzeugt. Jedoch werden typischerweise drei Kacheln erzeugt.

Die erste Kachel 405 wird gemäß den benachbarten
 30 Eckpunkten erzeugt, wodurch die Eckpunkte entgegengesetzte Ecken der rechtwinkligen Kachel bilden. Diese Eckpunkte können als Endpunkte der Diagonallinie durch das Rechteck angesehen werden. Wie es in Figur 7a gezeigt ist, werden unter Verwendung der beiden Eckpunkte 80 und 90 der Halbtonzelle
 35 $(a-b, b+a)$ und $(-b,a)$ die verbleibenden zwei Kachelecken



einfach als die verbleibenden Eckpunkte des Rechtecks an den Orten $(a-b, a)$ und $(-b, b+a)$ bestimmt.

Die zweite Kachel 400 wird auf ähnliche Weise unter Verwendung des Eckpunktes 70 (a,b) und des Eckpunktes 80 $(a-b, b+a)$ als Endpunkte der Diagonallinie durch das Rechteck bestimmt. So sind die Ecken des zweiten Rechtecks gleich $(a-b, b)$, (a, b) , $(a,b+a)$ und $(a-b,b)$.

Die dritte Kachel 410 hat einen gemeinsamen Eckpunkt $(a-b,b)$ mit der zweiten Kachel 400 und einen gemeinsamen Eckpunkt $(a-b,a)$ mit der ersten Kachel 405. Der dritte Eckpunkt wird an dem mit dem ersten Eckpunkt der Zelle $(0,0)$ kollinearen Ort errichtet und ist kollinear mit dem zweiten Eckpunkt (a,b) der Zelle. Somit ist der Eckpunkt bei $(0,b)$ angeordnet und bildet die Diagonale über das Quadrat, das mit $(a-b,a)$ gebildet wird. Die einfache Geometrie zeigt, daß der vierte Eckpunkt bei $(0,a)$ angeordnet ist.

Die verbleibenden Kacheln 350 und 355, welche die Zelle überdecken $[(0,0), (0,a), (-b,a), (-b,0)]$ und $[(a,0), (a,b), (0,b), (0,0)]$, sind einfache Wiederholungen der ersten Kachel 405 und der zweiten Kachel 400 und müssen folglich nicht im Speicher gespeichert werden. Stattdessen wird während des Halbtonrasterprozesses auf diese drei Kacheln Bezug genommen, um die schnellen Werte zu gewinnen.

Figur 7b ist eine bildhafte Veranschaulichung der Abbildung der Kacheln über einen einfachen Adreßraum. Die räumliche Beziehung zwischen den drei Kacheln ist konstant, und der Prozeß der Abbildung der Kacheln auf den Anzeigeraum ist vereinfacht.

Sobald die Kacheln bestimmt worden sind, im Block 230 gemäß Figur 6a, werden die zum Ausführen des Halbtonrasterprozesses verwendeten Schwellenwerte erzeugt. Die

Schwellenwerte werden gemäß einer Fleckfunktion erzeugt, welche einen Wert für jedes Pixel erzeugt, welcher dann während des Halbtonrasterprozesses mit dem gewünschten Intensitätswert verglichen und verwendet wird, um festzustellen, ob ein Pixel ein- oder ausgeschaltet werden soll. Die Fleckfunktion ist eine vom Benutzer spezifizierte mathematische Funktion und kann eine der vielen im Stand der Technik bekannten Fleckfunktionen sein. Es sei angemerkt, daß die Fleckfunktion und die daraus erzeugten Schwellenwerte nur veranschaulichend für Fleckfunktionen und erzeugte Schwellenwerte sein sollen, und daß die vorliegende Erfindung unter Verwendung einer Vielzahl von Fleckfunktionen und Schwellenwerten implementiert werden kann.

15 Eine beispielhafte Fleckfunktion ist die Kreisfleckfunktion, bei der die Schwellenwerte aus der Gleichung $f(x,y)=1-x^2-y^2$ bestimmt werden, wobei x und y die Koordinatenwerte eines Pixels in einer Halbtonzelle relativ zum Mittelpunkt der Halbtonzelle sind. Um die Schwellenwerte zu erzeugen, werden die Koordinatenwerte in einen um die Halbtonzelle zentrierten Koordinatenraum übersetzt und normiert, wobei die Begrenzungen des Raums zwischen -1 und $+1$ liegen. Für jedes Pixel innerhalb der Halbtonzelle wird das x,y -Koordinatenpaar (der transformierten Koordinaten) verwendet, um einen Zwischenwert unter Verwendung der Fleckfunktion zu erzeugen. Sobald ein Zwischenwert für jedes Paar von Koordinatenwerten innerhalb der Halbtonzelle erzeugt worden ist, werden die Zwischenwerte nach ihrer Größe sortiert und die Schwellenwerte auf der Grundlage der sortierten Reihenfolge erzeugt. Wenn beispielsweise eine Gesamtzahl von 50 Pixeln sich innerhalb einer einzigen Halbtonzelle befindet und der zu simulierende Intensitätsbereich oder Grauwertbereich zwischen 0 und 255 liegt, wird der inkrementale Schwellenwert auf $255/50$ bestimmt, was gleich 5,1 ist. So wird dem nach dem Sortieren ersten Pixel, welches den höchsten Zwischenwert hat, ein Wert von 255 gegeben, dem zweiten Pixel ein



Wert von 249,9, dem dritten Pixel ein Wert von 244,8. Dieser Prozeß wird fortgesetzt, bis dem letzten Pixel aus der sortierten Liste ein Wert von 5,1 gegeben wird. Diese Werte sind diejenigen Werte, die im Speicher gespeichert und auf
5 die während des Wiedergabeprozesses zugegriffen wird, um die Halbtonbilder zu erzeugen.

Obwohl die Kacheln im Speicher in der Form gespeichert werden können, wie sie beispielsweise in Figur 7a zeigt ist, ist der Prozeß des Abbildens der Kacheln auf den
10 Anzeigeraum oder zum Heranholen der Schwellenwerte eines speziellen Pixels während des Wiedergabeprozesses ziemlich aufwendig und zeitraubend. Um die Speichermenge, die zum Speichern einer Halbtonzelle erforderlich ist, zu minimieren
15 und dennoch ein schnelles und einfaches Verfahren zum Zugreifen der Schwellenwerte während des Wiedergabeprozesses zur Verfügung zu stellen, werden die Kacheln "abgewickelt" (unwrapped) und in einer Matrix organisiert, auf die als Schwellenwertmatrix Bezug genommen wird, was ein einfacheres
20 Abbilden in den Anzeigeraum schafft. Die Matrix ist von minimaler Größe, aber noch einfach zuzugreifen und in den Anzeigeraum abzubilden.

Der durch die Figuren 8a und 8b dargestellte Prozeß veranschaulicht, wie eine Schwellenwertmatrix vom Abwickeln der drei Kacheln 400, 405 und 410 rekonstruiert wird. Im folgenden nehmen wir auf die Kachel 405 als Kachel T1, auf die Kachel 400 als Kachel T2 und auf die Kachel 410 als Kachel T3 Bezug. Es wird eine Zeigertabelle erzeugt, um
30 die Abbildung der Pixel zu identifizieren, um die Kacheln über den Anzeigeraum zu legen. Jeder Eintrag in der Zeigertabelle entspricht einem Element in den drei Kacheln, was mit dem Wiedergabeprozess zum Erzeugen der Ausgabewerte der Pixel Abtastlinie für Abtastlinie (d.h. Zeile für Zeile) koordiniert werden kann. Der Zeigerwert in der Zeigertabelle zeigt die Zeile und Kachel an, die dem am weitesten rechts

angeordneten Element derjenigen Zeile und Kachel benachbart ist, auf die zur Wiedergabe zugegriffen wird. Da die räumliche Beziehung zwischen den fünf Kacheln 350, 355, 400, 405 und 410 über dem gesamten Anzeigeraum fest ist, ist eine

5 Zeigertabelle für das Auslegen der Kacheln über dem gesamten Anzeigeraum anwendbar. Es wird auf die Figuren 8a und 8b Bezug genommen. Beispielsweise werden, indem das erste Pixel in der ersten Zeile der Kachel T1 auf das erste Pixel in der ersten Abtastzeile des Anzeigeraums abgebildet wird, die

10 Schwellenwerte in dieser Zeile der Kacheln vom am weitesten links angeordneten Pixel bis zum am weitesten rechts angeordneten Pixel verwendet, um Pixel in der ersten Abtastzeile wiederzugeben. Wenn das Ende der Zeile in der Kachel T1 erreicht ist, nimmt das System auf die Zeigertabelle Bezug,

15 welche die benachbart zu dem am weitesten rechts gelegenen Pixel der gegenwärtigen Zeile in T1 zu verwendende nächste Kachel und Zeile der Kachel anzeigt. Bei der vorliegenden Darstellung, wie sie in den Figuren 8a und 8b gezeigt ist, identifiziert die Zeigertabelle Zeile 1 der Kachel T2 als

20 die dem rechtesten Pixel der Zeile 1 der Kachel T1 folgende Zeile. Die Schwellenwerte in Zeile 1 von Kachel T2 werden solange verwendet, bis das letzte Pixel dieser Zeile erreicht ist. Zu diesem Zeitpunkt wird erneut auf die Zeigertabelle Bezug genommen, um die nächste Kachel und die Zeile

25 der Kachel zu bestimmen, welche an das rechteste Pixel der Zeile 1 der Kachel T2 angrenzt. Die Zeigertabelle identifiziert dann Zeile 1 der Kachel T3 als die nach Zeile 1 der Kachel 2 folgende Zeile.

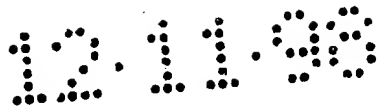
30 Dieser Prozeß wird fortgesetzt, bis das Ende der Abtastzeile erreicht ist, und dieser Prozeß wird für jede Abtastzeile des Digitalbildes angewendet, bis das Bild wiedergegeben ist. Wie in Figur 9b zu sehen ist, zeigt beispielsweise der Zeigertabelleneintrag für Pixel 375 auf die

35 erste Zeile der Kachel 410, und der Zeigertabelleneintrag für das am weitesten rechts angeordnete Pixel 390 in Zeile 1

von Kachel 410 zeigt auf Zeile 5 von Kachel 400. Der Halbtone rasterprozeß greift dann auf jedes Pixel in der fünften Zeile der Kachel 400 von links nach rechts zu, bis das letzte Pixel von 385 erreicht ist; der Prozeß nimmt dann auf
5 den Zeigertableneintrag Bezug, welcher anzeigt, daß das erste Pixel 395 der dritten Zeile von Kachel 405 das nächste zuzugreifende Pixel ist. So wird eine Zeigertabelle für jede einzelne Kachel erzeugt, und es sind nur die drei Zeigertabellen erforderlich für sämtliche über dem Anzeigeraum abge-
10 bildeten Kacheln.

Es wurde festgestellt, daß Speicherraum dadurch minimiert werden kann und die zur Wiedergabe des Halbtone rasterbildes erforderliche Zeitmenge erhalten oder sogar erhöht werden kann, indem die Kacheln "abgewickelt" werden, um
15 eine Schwellenwertmatrix zu erzeugen, welche mit der Struktur des Speichers kompatibel ist.

Eine rechtwinklige Matrix von Schwellenwerten kann
20 aus den drei Kacheln abgeleitet werden, um Schwellenwerte zur Verfügung zu stellen, die zur Wiedergabe eines Bildes über dem Anzeigeraum erforderlich sind. Dies wird erreicht, indem die Kacheln in die rechtwinklige Matrix "abgewickelt" werden. Die Matrix hat eine Breite (b) und eine Höhe (h).
25 Die Höhe h ist gleich dem größten gemeinsamen Nenner (gcd) von a und b. Bei dem vorliegenden Beispiel ist $a = 6$ und $b = 4$. Somit ist $h = \text{gcd}(6, 4) = 2$. Somit ist die Höhe der Matrix 2 Einheiten, z.B. zwei Pixel. Die Breite der Matrix bestimmt sich durch die Anzahl der Schwellenwerte entlang
30 einer Abtastzeile, bevor sich die Sequenz von Schwellenwerten wiederholt. Es wird auf Figur 10a Bezug genommen, in der die für eine Serie von Halbtonezellen erzeugten Kacheln und ihre zugehörigen Schwellenwerte veranschaulicht sind. Aus Gründen der Erläuterung sind den Schwellenwerten Buchstaben-
35 werte (A-Z) und (a-z) zugeordnet. Wie man anhand der Figur 10a und der Figur 10b in der mit der Nummer 0 gekennzeichnet-



ten Zeile sehen kann, beginnen die erzeugten Schwellenwerte bei A und enden bei J. Diese Zeile enthält die erste Zeile der Kachel 405 mit den Schwellenwerten A-F und die erste Zeile der Kachel 400 mit den Schwellenwerten G-J. Die nächsten beiden Schwellenwerte sind U,V, welche einer Zeile der mittleren Kachel 410 der Halbtonzelle entsprechen. Diesen folgt eine Zeile von Schwellenwerten der Kachel 400, W,X,Y,Z. Benachbart Z sind die Elemente der dritten Zeile von Kachel 405, gefolgt von der dritten Zeile der Kachel 400 mit den Schwellenwerten a bis j. Nach dem Schwellenwert j wiederholt sich die Sequenz von Schwellenwerten. Somit ist die im Speicher zu speichernde Sequenz von Schwellenwerten gleich ABCDEFGHIJUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz und die Anzahl der Elemente in dem sich wiederholenden Muster ist 26 (welches als die Breite der Schwellenwertmatrix bezeichnet wird). In ähnlicher Weise wird die gleiche Sequenz verwendet, um zu bestimmen, daß die zweite Zeile, die als Zeile 1 in Figur 10b bezeichnet ist, die gleiche Breite wie Zeile 0 hat und die Elemente KLMNOPQRST, uvwxyz, klmnopqrst enthält.

20

Es wird auf Figur 10a Bezug genommen. Die drei Grundkacheln in ihrer ursprünglichen Orientierung werden durch eine Zeilennummer, Zeile 0 von A-J, Zeile 1 von K-T usw., identifiziert. Die erste Sequenz von Schwellenwerten in der Matrix startet mit den Schwellenwerten der Zeile 0, d.h. A-J. Es wird auf die Figuren 10b und 10d Bezug genommen. Der Zeiger auf die nächste Zeile von zu verwendenden Schwellenwerten wird gemäß der folgenden Gleichung bestimmt: $(\text{Zeilennummer} + b) \bmod a$, wobei die Zeilennummer die aktuelle Zeilennummer und a und b die Elemente a bzw. b sind, die verwendet wurden, um die eingestellte Halbtonzelle zu bestimmen. Die Anwendung der Gleichung auf die Zeile 0 zum Bestimmen der der Zeile 0 benachbarten Zeile ergibt $(0+4) \bmod 6 = 4$. Somit sind die Schwellenwerte der Zeile 4 benachbart zu den Schwellenwerten der Zeile 0. Die nächste Zeile von Schwellenwerten ist gleich $(4+4) \bmod 6 = 2$. Die näch-

ste benachbarte Zeile von Schwellenwerten wird gemäß $(2+4)\bmod 6=0$ bestimmt, was anzeigt, daß die Sequenz sich selbst wiederholt, da die erste Zeile der Sequenz die Zeile 0 ist. Somit ist die Breite des Musters von im Speicher zu speichernden Schwellenwerten gleich der Breite der Zeile 0 (welche 10 ist), plus der Breite der Zeile 4 (welche 6 ist), plus der Breite der Zeile 2 (welche 10 ist), was eine Gesamtzahl von 26 ergibt.

10 In ähnlicher Weise ergibt sich beim Bestimmen der zweiten Zeile, daß die erste Zeile von Schwellenwerten die Zeile 1 ist, die benachbarte Zeile durch die Gleichung $(1+4)\bmod 6=5$ identifiziert wird, und daß die nächste Zeile aus der Gleichung $(5+4)\bmod 6=3$ bestimmt wird. Ein Anwenden
15 der Gleichung auf die nächste Zeile erzeugt die Nummer 1, was anzeigt, daß sich die Sequenz selbst wiederholt. Somit ergibt sich unter Bezugnahme auf Figur 10e, daß die im Speicher gespeicherte Schwellenwertmatrix eine 2x26-Matrix ist, die die identifizierten Schwellenwerte enthält. Es sei ange-
20 merkt, daß durch Abwickeln der drei Kacheln 400, 405 und 410, wie es in den Figuren 10a, 10b, 10c, 10d und 10e veranschaulicht ist, keine Zeigertabelle physikalisch im Speicher gespeichert wird, da die Schwellenwertmatrix die Zeigerwerte berücksichtigt. Darüber hinaus wird mit dieser Matrix von
25 Schwellenwerten die Abbildung der Schwellenwerte auf den Anzeigeraum vereinfacht.

Wie es durch das Ablaufdiagramm gemäß Figur 6b veranschaulicht ist, kann auf die im Speicher gespeicherte
30 Schwellenwertmatrix einfach zugegriffen werden, um ein digitales Halbtonbild wiederzugeben. Um den Schwellenwert für irgendein Pixel im Anzeigeraum zu bestimmen, wird eine einfache Übersetzung ausgeführt, um die Koordinaten eines Pixels im Anzeigeraum in die Speicheradresse der Schwellenwertmatrix zu übersetzen. Um diesen Prozeß zu veranschaulichen, wird das Pixel 500 in Figur 11 am X,Y-Koordinatenpunkt

(16,5) verwendet. Am Block 245 gemäß Figur 6a wird die Anzahl von Zeilen unterhalb des (0,0)-Orts des Anzeigeraums bestimmt, indem die folgende Gleichung verwendet wird: $\text{Int}(\text{dy}/h)$, wobei dy die Anzahl der Pixel vom Ort (0,0) ist, h die Höhe der Schwellenwertmatrix ist und Int eine Ganzzahlfunktion ist. Somit wird bei dem vorliegenden Beispiel die Variable n, die die Anzahl der Zeilen der Schwellenwertmatrix unterhalb von (0,0) anzeigt: $n = 5/2 = 2,5$ oder der Ganzzahlwert von 2. Es ist übliche Praxis, das erste Pixel des Anzeigeraums auf das erste Pixel der Schwellenwertmatrix abzubilden. Jede Zeile der Schwellenwertmatrix, die auf dem Anzeigeraum abgebildet ist, ist die gleiche, ausgenommen die Tatsache, daß jede nachfolgende Zeile durch einen vorgegebenen Wert verschoben ist, der als Offset bezeichnet wird. Bei dem in Figur 11 veranschaulichten Beispiel ist das Offset gleich einem Wert von 10, und der Betrag des Offset für eine gegebene Zeile ist gleich dem Wert von n multipliziert mit dem Betrag des Offset für jede Zeile. So ist beispielsweise die zweite Zeile 510 der Schwellenwertmatrix, die auf dem Anzeigeraum abgebildet ist, um ein Offset verschoben. In ähnlicher Weise ist die dritte Zeile 515 der abgebildeten Schwellenwertmatrix um einen Betrag vom Doppelten des Offset-Betrags verschoben.

Im Block 250 wird das Offset aus der Breite der Zeile bestimmt. Bei der vorliegenden Darstellung wird das Offset aus derjenigen Zeile bestimmt, die durch die gleiche Nummer wie die Höhe (h) der Schwellenwertmatrix identifiziert ist. In der Darstellung ist h gleich 2. Somit ist das Offset gleich dem Wert von 10, welches die Breite der Zeile 2 (Elemente a-j) ist. Es folgt, daß die Zeile 510 der Schwellenwertmatrix um 10 Werte nach rechts verschoben ist, wodurch die erste Zeile der Schwellenwertmatrix mit den Schwellenwerten a-j startet und die nächste Zeile mit den Schwellenwerten k-t startet. Auf ähnliche Weise wird die dritte abgebildete Schwellenwertmatrix um $2 \cdot 10 = 20$ nach

rechts verschoben und startet folglich mit den Schwellenwerten G-J und die nächste Zeile startet mit den Schwellenwerten Q-T.

5 Die dy- und dx-Koordinaten für ein spezielles Pixel werden auf die Schwellenwertmatrix-Speicherkoordinaten durch eine Übersetzung abgebildet, bei der dx', der x-Abstand vom Ursprung der Schwellenwertmatrix, gleich $(dx - n \cdot \text{offset}) \bmod (\text{Schwellenwertbreite})$ ist, wobei mod eine Modulusfunktion repräsentiert. Ähnlich ist dy', der y-Abstand vom Ursprung, gleich $dy - n \cdot h$. Unter Verwendung des vorliegenden Beispiels ist für das Pixel 500 in Figur 11: $dx' = (16 - 2 \cdot 10) \bmod 26 = 22$ und $dy' = 5 - 2 \cdot 2 = 1$. Somit ist das Schwellenwertmatrixelement, das zum Bestimmen des Halbtonwertes für das
10 spezielle Pixel 500 verwendet wird, am Ort $x=22$ und $y=1$ in der Schwellenwertmatrix angeordnet. Im Block 260 gemäß Figur 6b wird der Schwellenwert am Ort (22,1) in der Schwellenwertmatrix zugegriffen und am Block 256 wird der Halbtonwert für das Pixel erzeugt.

20 Sobald der Schwellenwert für das anfängliche Pixel in einer Zeile bestimmt ist, können nachfolgende Pixel in der gleichen Zeile einfach identifiziert und als nachfolgende Pixel in der Schwellenwertmatrix bestimmt werden, wobei eine umlaufende Funktion (Wrap-around-Funktion), wie beispielsweise die oben beschriebene Funktion, angewendet wird, wodurch das letzte Pixel in der Schwellenwertmatrix erreicht wird. Unter Verwendung dieses Prozesses kann das Halbtonrasterbild schnell und einfach erzeugt werden, während eine minimale Speichermenge zum Speichern der Schwellenwertmatrix verwendet wird.
25
30

Die Erfindung wurde in Verbindung mit dem bevorzugten Ausführungsbeispiel beschrieben. Es ist klar, daß
35 zahlreiche Alternativen, Modifikationen, Variationen und Anwendungen für den Fachmann im Lichte der vorstehenden Be-

schreibung klar werden. Beispielsweise wurde das bevorzugte Ausführungsbeispiel als zeilenabhängiger Abtastzeilenprozeß beschrieben, bei dem die Pixel horizontal von der linken Seite des Anzeigeraums zur rechten implementiert sind. Es
5 ist jedoch für den Fachmann klar, daß der Wiedergabeprozess ebenso gut ein zeilenabhängiger Prozeß sein kann, der von der linken Seite des Anzeigeraums zur rechten wiedergegeben wird, oder ein spaltenabhängiger Prozeß, bei dem der Abtastzeilenalgorithmus in einer vertikalen Art und Weise von der
10 Oberseite des Anzeigeraums zur Unterseite oder umgekehrt arbeitet.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Anwendung bei einer Bilderzeugungs-
Vorrichtung mit einem digitalen Halbton-System, wobei zum
5 Erzeugen von digitalen Bildern ein Bereich von Intensitäten
von Bildern simuliert wird, wobei die erzeugten Bilder an
eine Bildausgabeeinrichtung ausgegeben werden, die einen di-
gitalen Anzeigeraum mit einer auf einen X-Y-Raster angeord-
neten Pixelmatrix aufweist, wobei das Verfahren zum Verrin-
10 gern des zum Speichern der Schwellwertmatrix zum Erzeugen
von digitalen Halbtonbildern benötigten Speicherumfangs
dient und die Schritte aufweist:

Angeben einer Seitenlänge, eines Winkels und einer Win-
keltoleranz einer im Speicher zu speichernden Halbtonzelle
15 (300), wobei die Halbtonzelle (300) eine Matrix von Zellen-
Schwellwerten aufweist, auf die zum Erzeugen eines digitalen
Halbtonbildes Bezug genommen wird;

Bestimmen des tatsächlichen Winkels und der tatsächli-
chen Länge einer Seite der Halbtonzelle, die an das Raster
20 des Anzeigeraums angepaßt wurde;

gekennzeichnet durch die Schritte:

Bestimmen eines entlang der x- und y-Achsen des Rasters
des Anzeigeraums ausgerichteten Begrenzungsrahmens (325),
der die angepaßte Halbtonzelle umhüllt;

25 Aufteilen des Begrenzungsrahmens (325) in eine oder meh-
rere Kacheln (400, 405, 410) mit Kachel-Schwellwerten, wobei
die Kacheln (400, 405, 410) entsprechend den Eckpunkten der
Halbtonzelle (300) und dem Begrenzungsrahmen (325) erzeugt
werden;

30 Erzeugen einer Überdeckung des Anzeigeraums mit den Ka-
cheln (400, 405, 410);

Erzeugen der Kachel-Schwellwerte für die Kacheln ent-
sprechend einer Fleckfunktion für die angepaßte Halbtonzelle
durch Abwickeln der Kachel-Schwellwerte (405), um die
35 Schwellwertmatrix der Schwellwerte zu rekonstruieren,

wobei die Schwellwertmatrix eine Höhe gleich dem größten gemeinsamen Teiler des x-Achsen-Inkrement und y-Achsen-Inkrement zwischen Eckpunkten der Halbtonzelle hat und eine Breite gleich der Anzahl von in einer Folge von Schwellwerten entlang einer Zeile von zusammenhängenden Kacheln auftretenden Schwellwerten hat, die angetroffen werden, bis die Sequenz sich wiederholt; und

Speichern der Schwellwertmatrix von Schwellwerten im Speicher, wobei die Schwellwertmatrix einen wesentlich geringeren Speicherumfang benötigt, als die Kacheln (400, 405, 410) der Kachel-Schwellwerte, und dazu geeignet ist, daß zur Erzeugung des Anzeigesignals zum Anzeigen eines digitalen Halbtonbildes in effizienter Weise auf sie zugegriffen werden kann.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bestimmens des tatsächlichen Winkels und der tatsächlichen Größe der an das Raster des Anzeigeraums angepaßten Halbtonzelle (300) folgende Schritte aufweist:

20 Runden eines ersten Eckpunkts der Halbtonzelle (300) auf das nächste Pixel, um den angepaßten ersten Eckpunkt zu bestimmen;

Runden eines benachbarten zweiten Eckpunkts der Halbtonzelle (300) auf das nächste Pixel, um den angepaßten zweiten Eckpunkt zu bestimmen, wobei der zweite Eckpunkt einen einem Zell-Frequenzwert entsprechenden inkrementalen Abstand entfernt angeordnet ist, wobei der Zell-Frequenzwert ein anfängliches X-Achsen-Inkrement und ein anfängliches Y-Achsen-Inkrement umfaßt, wobei das X-Achsen-Inkrement und das Y-Achsen-Inkrement gemäß den folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$a = \text{INT} [R_d \cos \Theta_d]$$

$$b = \text{INT} [R_d \sin \Theta_d]$$

35

wobei a das anfängliche X-Achsen-Inkrement ist, b das anfängliche Y-Achsen-Inkrement, R_d die gewünschte Länge einer Seite einer Halbtonzelle und Θ_d der gewünschte Winkel einer Halbtonzelle;

- 5 Runden des dem zweiten Eckpunkt benachbarten dritten Eckpunkts auf das nächste Pixel, um den angepaßten dritten Eckpunkt zu bestimmen, wobei der angepaßte dritte Eckpunkt einen dem Zell-Frequenzwert entsprechenden inkrementalen Abstand vom angepaßten zweiten Eckpunkt entfernt angeordnet
10 ist, wobei das X-Achsen-Inkrement gleich dem anfänglichen Y-Achsen-Inkrement und das Y-Achsen-Inkrement gleich dem anfänglichen X-Achsen-Inkrement ist;

- Runden des dem dritten und ersten Eckpunkt benachbarten vierten Eckpunkts auf das nächste Pixel, um den angepaßten
15 vierten Eckpunkt zu bestimmen, wobei der angepaßte vierte Eckpunkt einen dem Zell-Frequenzwert entsprechenden inkrementalen Abstand von dem angepaßten dritten Eckpunkt entfernt angeordnet ist, wobei das X-Achsen-Inkrement gleich dem anfänglichen X-Achsen-Inkrement und das Y-Achsen-Inkrement
20 gleich dem anfänglichen Y-Achsen-Inkrement ist;

wodurch die Größe der Halbtonzelle durch den Zell-Frequenzwert bestimmt ist und der tatsächliche Winkel relativ zum Anzeigeraum entsprechend $\tan(b/a)$ bestimmt ist, wobei \tan die Tangens-Funktion ist.

25

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Bestimmens des tatsächlichen Winkels und der tatsächlichen Größe der an das Raster des Anzeigeraums angepaßten Halbtonzelle (300) ferner folgende Schritte aufweist:

- 30 Vergleichen des tatsächlichen Winkels mit dem gewünschten Winkel; und

- falls der Unterschied zwischen den beiden Winkeln nicht innerhalb der Winkeltoleranz liegt, Konstruieren einer Super-Zelle von Halbtonzellen mit einem tatsächlichen Winkel,
35 der innerhalb der Winkeltoleranz ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Länge der Seiten des Begrenzungsrahmens gleich $a + b$ ist.

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Schritt des Bestimmens eines Begrenzungsrahmens (325), der entlang der x- und y-Achse des Rasters des Anzeigeraums ausgerichtet ist und die angepaßte Halbtonzelle (300) umhüllt, den Schritt des Erzeugens von Linien entlang der Achsen des Anzeigerasters mit der Länge $a + b$ umfaßt, die die Seiten des Begrenzungsrahmens darstellen, wobei jede dieser Linien durch einen Eckpunkt der angepaßten Halbtonzelle und entlang der Achse gezogen ist, die die Hauptachse einer zugehörigen Seite der angepaßten Halbtonzelle ist.

15 6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Schritt des Aufteilens des Begrenzungsrahmens (325) in eine oder mehrere Schwellwert-Kacheln folgende Schritte aufweist:

Erzeugen einer ersten rechteckförmigen Kachel (400) mit einer Diagonale, die gleich einer ersten Seite der angepaßten Halbtonzelle ist, wodurch benachbarte Eckpunkte, die die erste Seite bilden, sich gegenüberliegende Eckpunkte der ersten Kachel bilden;

falls die erste Kachel nicht den gesamten Begrenzungsrahmen überdeckt, Erzeugen einer zweiten rechteckförmigen Kachel (405) mit einer Diagonale, die gleich einer benachbarten zweiten Seite der angepaßten Halbtonzelle ist, wodurch die benachbarten Eckpunkte, die die zweite Seite bilden, sich gegenüberliegende Eckpunkte der zweiten Kachel bilden;

30 falls die erste und zweite Kachel zusammen nicht den gesamten Begrenzungsrahmen überdecken, Erzeugen einer dritten rechteckförmigen Kachel (410) mit einem gemeinsamen Eckpunkt mit der ersten Kachel und einem gemeinsamen Eckpunkt mit der zweiten Kachel, einem dritten Eckpunkt, der kollinear mit
35 den ersten und zweiten Eckpunkten der angepaßten Halbton-

zelle ist, und einem vierten Eckpunkt, der kollinear mit dem ersten und dritten Eckpunkt der Halbtonzelle ist.

7. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Schritt des Auf-
5 teilens des Begrenzungsrahmens (325) in eine oder mehrere Schwellwert-Kacheln folgende Schritte aufweist:

Erzeugen einer ersten rechteckförmigen Kachel (400) mit
einer Diagonale, die gleich einer ersten Seite der ange-
paßten Halbtonzelle ist, wodurch benachbarte Eckpunkte, die
10 die erste Seite bilden, sich gegenüberliegende Eckpunkte der
ersten Kachel bilden;

falls die erste Kachel nicht den gesamten Begrenzungs-
rahmen überdeckt, Erzeugen einer zweiten rechteckförmigen
Kachel (405) mit einer Diagonale, die gleich einer benach-
15 barten zweiten Seite der angepaßten Halbtonzelle ist, wo-
durch die benachbarten Eckpunkte, die die zweite Seite bil-
den, sich gegenüberliegende Eckpunkte der zweiten Kachel
bilden;

falls die erste und zweite Kachel zusammen nicht den ge-
20 samten Begrenzungsrahmen überdecken;

Erzeugen einer vierten rechteckförmigen Kachel (350) mit
einer Diagonale, die gleich einer dritten Seite der ange-
paßten Halbtonzelle ist;

Erzeugen einer fünften rechteckförmigen Kachel (355),
25 mit einer Diagonale, die gleich einer vierten Seite der an-
gepaßten Halbtonzelle ist;

Erzeugen einer dritten rechteckförmigen Kachel (410) die
den verbleibenden Bereich des Begrenzungsrahmens überdeckt,
der nicht durch die erste, zweite, vierte und fünfte Kachel
30 überdeckt ist, wobei die dritte Kachel einen gemeinsamen
Eckpunkt mit der ersten Kachel und einen gemeinsamen Eck-
punkt mit der zweiten Kachel, einen gemeinsamen Eckpunkt mit
der vierten Kachel und einen gemeinsamen Eckpunkt mit der
fünften Kachel hat.

8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Schritt des Erzeugens der Schwellwerte für die Kacheln entsprechend einer Fleckfunktion für die angepaßte Halbtonzelle folgende Schritte aufweist:

- 5 Übersetzen der Koordinatenwerte der Halbtonzelle in einen Hilfskoordinatenraum, der um die Halbtonzelle zentriert ist und von -1 bis +1 reicht;

- Erzeugen eines Hilfsschwellwerts für jeden Schwellwert-Ort in den Kacheln mit Hilfe der Fleckfunktion und der übersetzten Koordinatenwerte; und
- 10 Abbilden der Hilfsschwellwerte auf den Bereich der zu simulierenden Intensitäten, um die Schwellwerte zu erzeugen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Fleckfunktion
- 15 gegeben ist durch:

$f(x,y) = 1 - x^2 - y^2$, wobei x und y die übersetzten Koordinatenwerte eines Pixels in einer Halbtonzelle bezogen auf den Mittelpunkt der Halbtonzelle sind.

- 20 10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Schritt des Abwickelns der Schwellwert-Kacheln zum Bilden einer Schwellwertmatrix folgende Schritte aufweist:

 Festlegen, daß die Höhe der Schwellwertmatrix gleich dem größten gemeinsamen Teiler von a und b sein soll;

- 25 Bestimmen des Inhalts einer ersten Zeile der Schwellwertmatrix, indem mit einer anfänglichen Zeile einer anfänglichen Kachel begonnen wird und die Zeile der Kacheln abgetastet wird, bis eine Wiederholung der anfänglichen Kachel erreicht ist, wobei der Inhalt gleich den Schwellwerten der
- 30 anfänglichen und benachbarter Kacheln ist, bevor es zu einer Wiederholung der anfänglichen Kachel kommt;

- Festlegen, daß der Inhalt von folgenden Zeilen der Schwellwertmatrix gleich folgenden benachbarten Zeilen zu der anfänglichen Zeile der anfänglichen Kachel ist, wobei
- 35 die folgenden Zeilen die gleich Breite wie die erste Zeile

haben, und wobei die Anzahl der Zeilen durch die Höhe der Schwellwertmatrix bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, ferner aufweisend den
 5 Schritt des Abrufens eines Schwellwerts aus der Schwellwertmatrix zum Darstellen eines Pixels an den (x,y)-Koordinaten (dx,dy), der folgende Schritte umfaßt:

Bestimmen des Orts von dy relativ zur Anzahl der Zeilen der Schwellwertmatrizen, n, ausgehend von der Schwellwertmatrix am Ort (0,0);
 10

Setzen eines Offsets gleich der Anzahl der Schwellwerte in einer Zeile von Kacheln, wobei die Nummer der Kachelzeile gleich der Höhe der Schwellwertmatrix ist, wobei der Offset die Anzahl der Schwellwerte anzeigt, um die die Schwellwertmatrix für jede folgende Zeile von Schwellmatrizen verschoben wird;
 15

Erzeugen eines (x,y)-Index (dx', dy') in die Schwellwertmatrix, um den Schwellwert abzurufen, um das Pixel bei der Koordinate (dx,dy) mit Hilfe der folgenden Gleichungen darzustellen;
 20

$$\begin{aligned} dx' &= (dx - n * \text{offset}) \bmod (w) \\ dy' &= (dy - n * h) \end{aligned}$$

25 wobei h die Höhe der Schwellwertmatrix ist, w die Breite der Schwellwertmatrix und mod die Modulo-Funktion.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei n gemäß der folgenden Gleichung bestimmt wird:

30 $n = \text{Int}(dy/h)$, wobei Int die Integer-Funktion ist.

13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei diejenigen Schwellwerte, die nachfolgenden zu (dy,dy) benachbarten Pixeln entsprechen, inkrementell indiziert und in sequentieller Weise ausgehend von dx' und dy' abgerufen werden können.
 35

14. Eine Bilderzeugungsvorrichtung mit einem digitalen Halbtton-System, wobei ein Intensitätsbereich simuliert wird, indem Pixel auf einer Ausgabeeinrichtung in einer vorgebenen Reihenfolge zum Erzeugen von Bildern aktiviert werden, wobei die Ausgabeeinrichtung einen digitalen Anzeigeraum mit einer auf einem X-Y-Raster angeordneten Pixelmatrix aufweist, wobei die Vorrichtung aufweist:

10 eine Halbtonzelle (300) mit einer anfänglichen Größe und einem anfänglichen Winkel bezogen auf das Raster des Anzeigeraums, wobei die Zelle eine Matrix von Schwellwerten enthält, auf die zum Erzeugen eines digitalen Halbttonbildes Bezug genommen wird;

Anpassungsmittel zum Anpassen der Halbtonzelle an das Raster des Anzeigeraums;
15 gekennzeichnet durch:

Mittel zum Erzeugen eines entlang der x- und y-Achsen des Anzeigeraum-Rasters ausgerichteten Begrenzungsrahmens (325), der die angepaßte Halbtonzelle (300) umhüllt;
20 einen Satz von einer oder mehreren Kacheln (400, 405, 410) von Schwellwerten, wobei die Kacheln entsprechend den Eckpunkten der Halbtonzelle (300) und dem Begrenzungsrahmen (325) erzeugt sind;

Mittel zum Erzeugen von Schwellwerten für die Kacheln gemäß einer Fleckfunktion für die angepaßte Halbtonzelle;
25 Mittel zum Bestimmen einer Kachel-Überdeckung des Anzeigeraums;

Mittel zum Abwickeln der Schwellwert-Kacheln zum Rekonstruieren einer Schwellwertmatrix,
30 wobei die Schwellwertmatrix eine Höhe hat, die gleich dem größten gemeinsamen Teiler des x-Achsen-Inkrementes und y-Achsen-Inkrementes zwischen Eckpunkten der Halbtonzelle ist, und eine Breite hat, die gleich der Anzahl von in einer Folge von Schwellwerten über eine Zeile von zusammenhängenden Kacheln auftretenden Schwellwerten ist, die angetroffen
35 werden, bis die Folge sich wiederholt; und

einen Speicher zum Speichern der Schwellwertmatrix von Schwellwerten, wobei die Größe des zum Speichern der Schwellwertmatrix benötigten Speichers wesentlich kleiner als der Speicherumfang ist, der benötigt wird, um die

5 Schwellwert-Kacheln der Halbtonzelle zu speichern;

wodurch der Speicherumfang, der zum Speichern der Schwellwertmatrix zum Erzeugen von Bildern benötigt wird, reduziert ist und auf die Schwellwertmatrix Bezug genommen wird, um die zum Erzeugen eines digitalen Halbtonbildes ver-

10 wendeten Schwellwerte zu gewinnen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Anpassungsmittel aufweisen:

eine erste Rundungseinrichtung, um den Ort des einem

15 ersten Eckpunkt der Halbtonzelle nächsten Pixels festzustellen, um den angepaßten ersten Eckpunkt zu bestimmen;

eine zweite Rundungseinrichtung zum Runden eines benachbarten zweiten Eckpunkts der Halbtonzelle auf das nächste Pixel, um den angepaßten zweiten Eckpunkt zu bestimmen, wo-

20 bei der zweite Eckpunkt einen dem Zell-Frequenzwert entsprechenden inkrementalen Abstand entfernt angeordnet ist, wobei der Zell-Frequenzwert ein anfängliches X-Achsen-Inkrement und ein anfängliches Y-Achsen-Inkrement umfaßt, wobei das X-Achsen-Inkrement und das Y-Achsen-Inkrement gemäß den fol-

25 genden Gleichungen bestimmt sind:

$$a = \text{INT} [R_d \cos \Theta_d]$$

$$b = \text{INT} [R_d \sin \Theta_d]$$

30 wobei a das anfängliche X-Achsen-Inkrement, b das anfängliche Y-Achsen-Inkrement, R_d die gewünschte Länge einer Seite einer Halbtonzelle und Θ_d der gewünschte Winkel einer Halbtonzelle ist;

eine dritte Rundungseinrichtung zum Runden des dem zweiten Eckpunkt benachbarten dritten Eckpunkts auf das nächste Pixel, um den angepaßten dritten Eckpunkt zu bestimmen, wo-

35

bei der angepaßte dritte Eckpunkt einen dem Zell-Frequenzwert entsprechenden inkrementalen Abstand vom angepaßten zweiten Eckpunkt entfernt angeordnet ist, wobei das X-Achsen-Inkrement gleich dem anfänglichen Y-Achsen-Inkrement und
5 das Y-Achsen-Inkrement gleich dem anfänglichen X-Achsen-Inkrement ist;

eine vierte Rundungseinrichtung zum Runden des dem dritten und vierten Eckpunkt benachbarten vierten Eckpunkts auf das nächste Pixel, um den angepaßten vierten Eckpunkt zu be-
10 stimmen, wobei der angepaßte vierte Eckpunkt einen dem Zell-Frequenzwert entsprechenden inkrementalen Abstand von dem angepaßten dritten Eckpunkt entfernt angeordnet ist, wobei das X-Achsen-Inkrement gleich dem anfänglichen X-Achsen-Inkrement und das Y-Achsen-Inkrement gleich dem anfänglichen
15 Y-Achsen-Inkrement ist;

wodurch die Größe der Halbtonzelle durch den Zell-Frequenzwert bestimmt ist und der tatsächliche Winkel relativ zum Anzeigeraum entsprechend $\tan(b/a)$ bestimmt ist, wobei \tan die Tangens-Funktion ist.

20

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Mittel zum Erzeugen eines Begrenzungsrahmens (325), der entlang der x- und y-Achse des Rasters des Anzeigeraums ausgerichtet ist und die angepaßte Halbtonzelle umhüllt, eine Linien-
25 erzeugungseinrichtung aufweisen, die Linien der Länge $a + b$ entlang der Achsen des Anzeigerasters erzeugt, wobei die Linien die Seiten des Begrenzungsrahmens bilden, wobei die Linien-erzeugungseinrichtung jede dieser Linien durch einen Eckpunkt der angepaßten Halbtonzelle und entlang der Achse
30 zieht, die die Hauptachse einer zugehörigen Seite der angepaßten Halbtonzelle ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei der Satz von Kacheln umfaßt:

35 eine erste rechteckförmige Kachel (400) mit einer Diagonale, die gleich einer ersten Seite der angepaßten Halbton-

zelle ist, wodurch benachbarte Eckpunkte, die die erste Seite bilden, sich gegenüberliegende Eckpunkte der ersten Kachel bilden;

5 falls die erste Kachel nicht den gesamten Begrenzungs-
rahmen überdeckt, umfaßt der Satz ferner eine zweite rechteckförmige Kachel (405) mit einer Diagonale, die gleich einer benachbarten zweiten Seite der angepaßten Halbtonzelle ist, wodurch die benachbarten Eckpunkte, die die zweite Seite bilden, sich gegenüberliegende Eckpunkte der zweiten
10 Kachel bilden;

falls die erste und zweite Kachel zusammen nicht den gesamten Begrenzungsrahmen überdecken, umfaßt der Satz ferner eine dritte rechteckförmige Kachel (410) mit einem gemeinsamen Eckpunkt mit der ersten Kachel und einem gemeinsamen
15 Eckpunkt mit der zweiten Kachel, einem dritten Eckpunkt, der kollinear mit den ersten und zweiten Eckpunkten der angepaßten Halbtonzelle ist, und einem vierten Eckpunkt, der kollinear mit dem ersten und dritten Eckpunkt einer Halbtonzelle ist.

20

18. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Mittel zum Erzeugen von Schwellwerten für die Kacheln aufweisen:

einen Hilfskoordinatenraum, der um die angepaßte Halbtonzelle zentriert ist und von -1 bis +1 reicht;

25 eine Übersetzungseinrichtung zum Übersetzen der Koordinatenwerte der Halbtonzelle in den Hilfskoordinatenraum;

eine Einrichtung zum Erzeugen eines Hilfsschwellwerts für jeden Schwellwert-Ort in den Kacheln mit Hilfe der Fleckfunktion und der übersetzten Koordinatenwerte;

30 eine Einrichtung zum Abbilden der Hilfsschwellwerte auf den Bereich der zu simulierenden Intensitäten, um die Schwellwerte zu erzeugen;

eine Ersetzungseinrichtung zum Speichern der auf die Hilfsschwellwerte abgebildeten Intensitäten in den Kacheln.

35

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei die Fleckfunktion gegeben ist durch:

$f(x,y) = 1 - x^2 - y^2$, wobei x und y die übersetzten Koordinatenwerte eines Pixels in einer Halbtonzelle bezogen auf den Mittelpunkt der Halbtonzelle sind.

20. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Mittel zum Abwickeln der Schwellwertkacheln zum Bilden einer Schwellwertmatrix aufweisen:

10 eine Einrichtung zum Festlegen, daß die Höhe der Schwellwertmatrix gleich dem größten gemeinsamen Teiler von a und b sein soll;

eine Einrichtung zum Bestimmen des Inhalts einer ersten Zeile der Schwellwertmatrix, indem mit einer anfänglichen
15 Zeile einer anfänglichen Kachel begonnen wird und die Zeile der Kacheln abgetastet wird, bis eine Wiederholung der anfänglichen Kachel erreicht ist, wobei der Inhalt gleich den Schwellwerten der anfänglichen und benachbarter Kacheln ist, bevor es zu einer Wiederholung der anfänglichen Kachel
20 kommt;

eine Einrichtung zum Festlegen, daß der Inhalt von nachfolgenden Zeilen der Schwellwertmatrix gleich nachfolgenden benachbarten Zeilen zu der anfänglichen Zeile der anfänglichen Kachel ist, wobei die nachfolgenden Zeilen die gleiche Breite wie die erste Zeile haben, und wobei die Anzahl
25 der Zeilen durch die Höhe der Schwellwertmatrix bestimmt wird.

21. Vorrichtung nach Anspruch 14, ferner mit Zugriffsmitteln zum Abrufen eines Schwellwerts aus der Schwellwertmatrix zum Darstellen eines Pixels an den (x,y) -Koordinaten (dx,dy) , die aufweisen:

eine Einrichtung zum Bestimmen des Orts von dy relativ zur Anzahl der Zeilen der Schwellwertmatrizen, n , ausgehend
35 von der Schwellwertmatrix am Ort $(0,0)$;

eine Einrichtung zum Setzen eines Offsets gleich der Anzahl der Schwellwerte in einer Zeile von Kacheln, wobei die Nummer der Kachelzeile gleich der Höhe der Schwellwertmatrix ist, wobei der Offset die Anzahl der Schwellwerte anzeigt,
5 um die die Schwellwertmatrix für jede folgende Zeile von Schwellmatrizen verschoben wird;

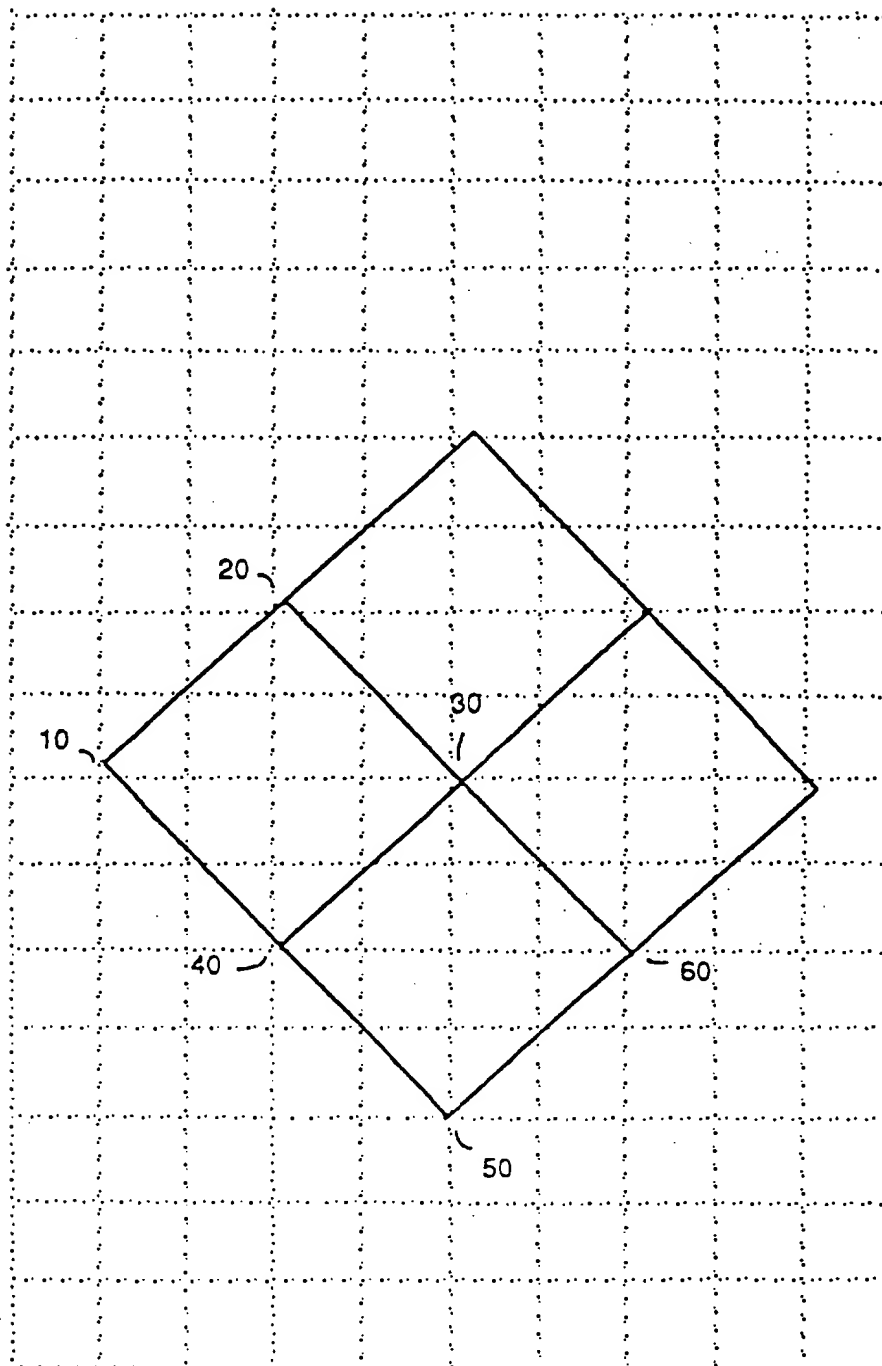
eine Einrichtung zum Erzeugen eines (x,y)-Index (dx', dy') in die Schwellwertmatrix, um den Schwellwert abzurufen, um das Pixel bei der Koordinate (dx,dy) mit Hilfe der folgenden Gleichungen darzustellen:
10

$$\begin{aligned} dx' &= (dx - n * \text{offset}) \bmod (w) \\ dy' &= (dy - n * h) \end{aligned}$$

15 wobei h die Höhe der Schwellwertmatrix ist, w die Breite der Schwellwertmatrix und mod die Modulo-Funktion.

12.11.98

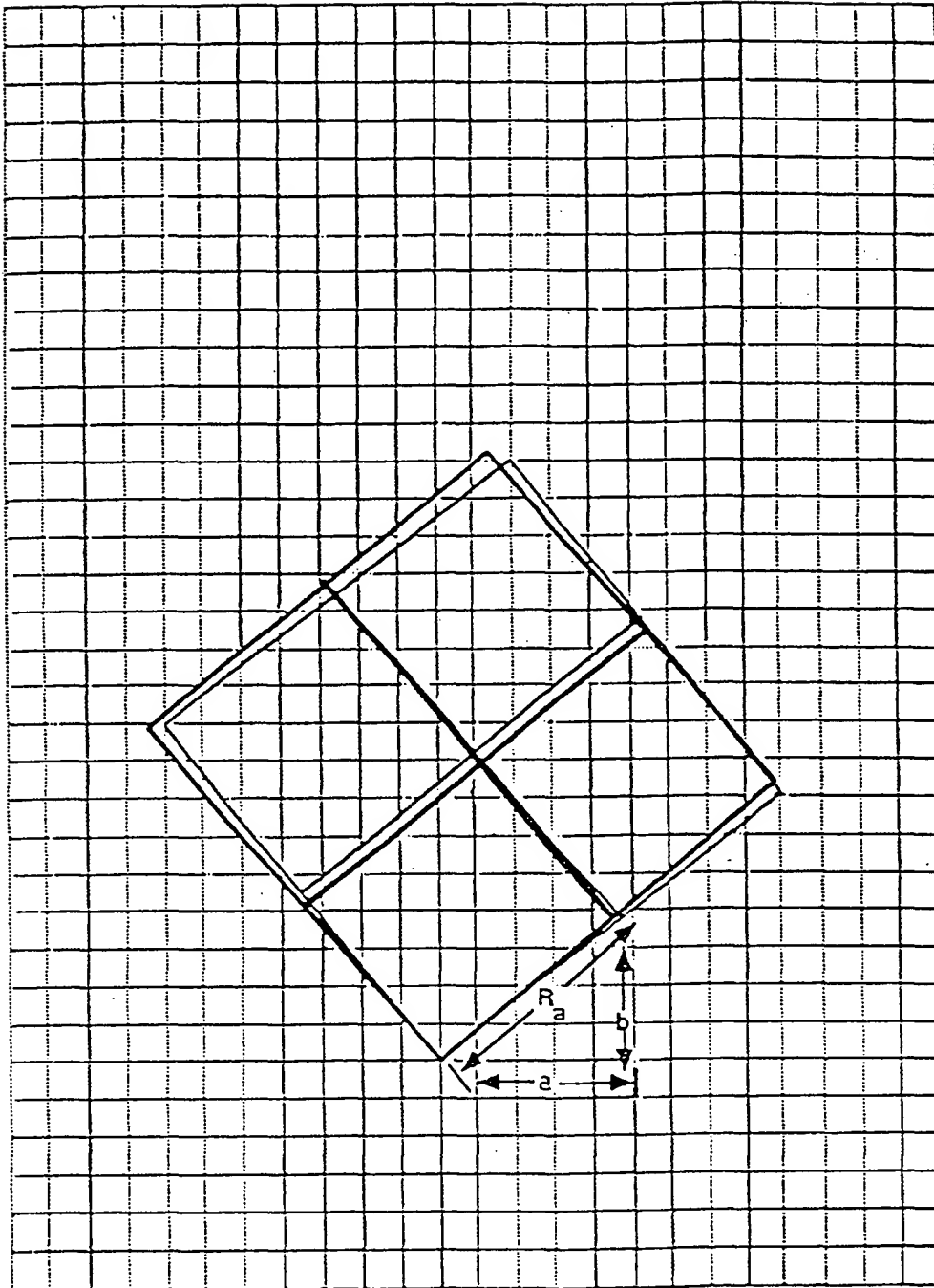
1/18



Figur 1

12.11.96

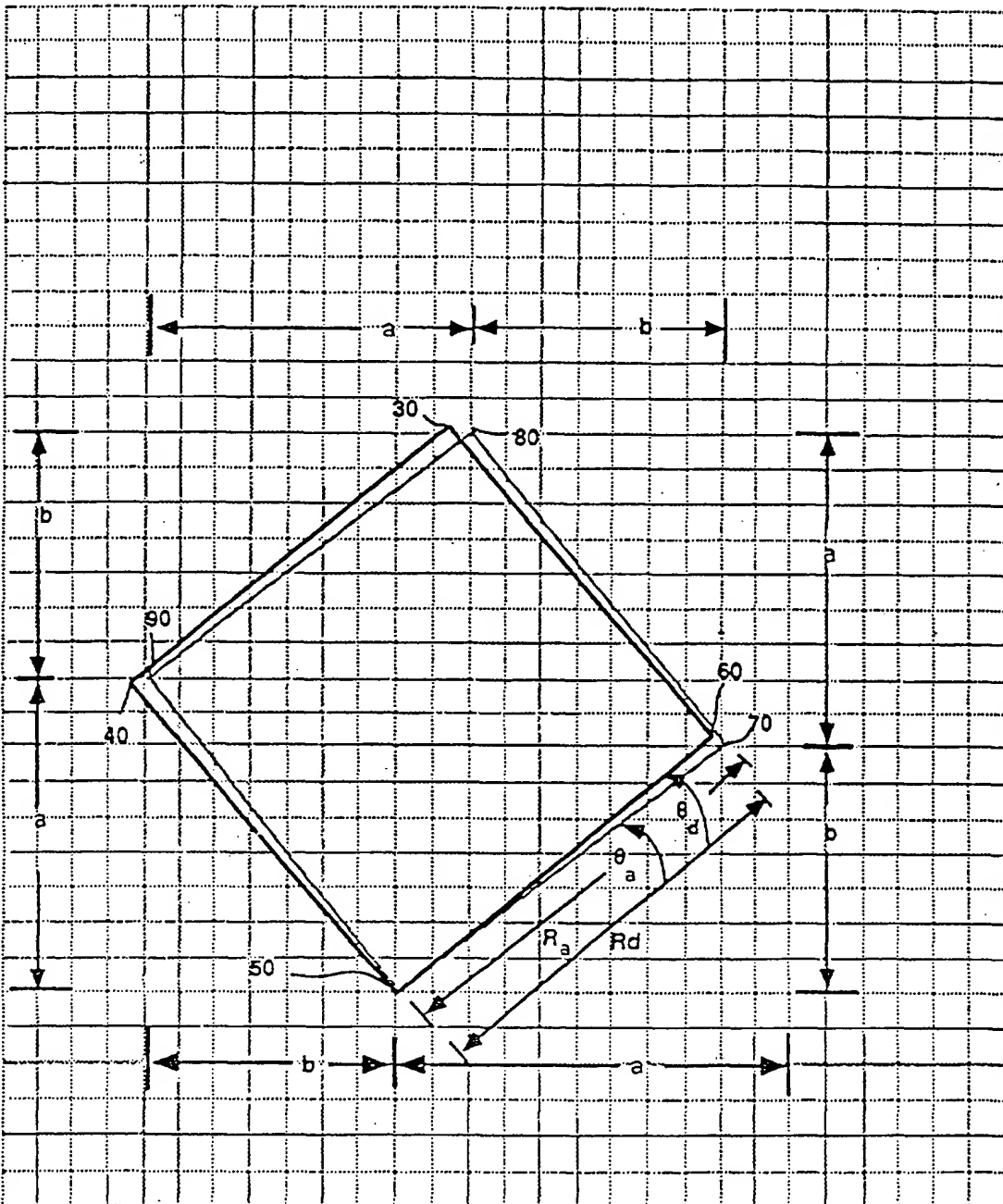
2/18



Figur 2b

12.11.98

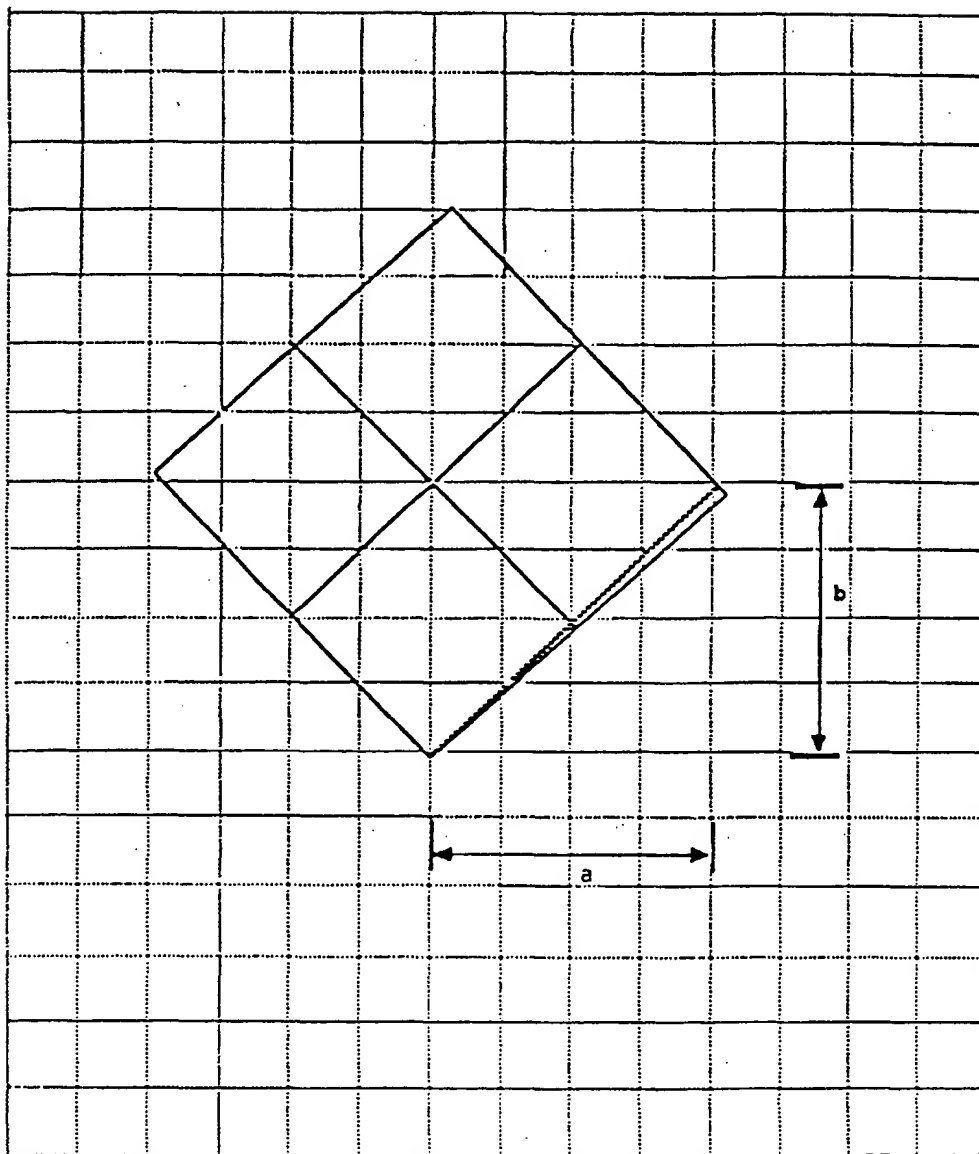
3/18



Figur 2a

12.1198

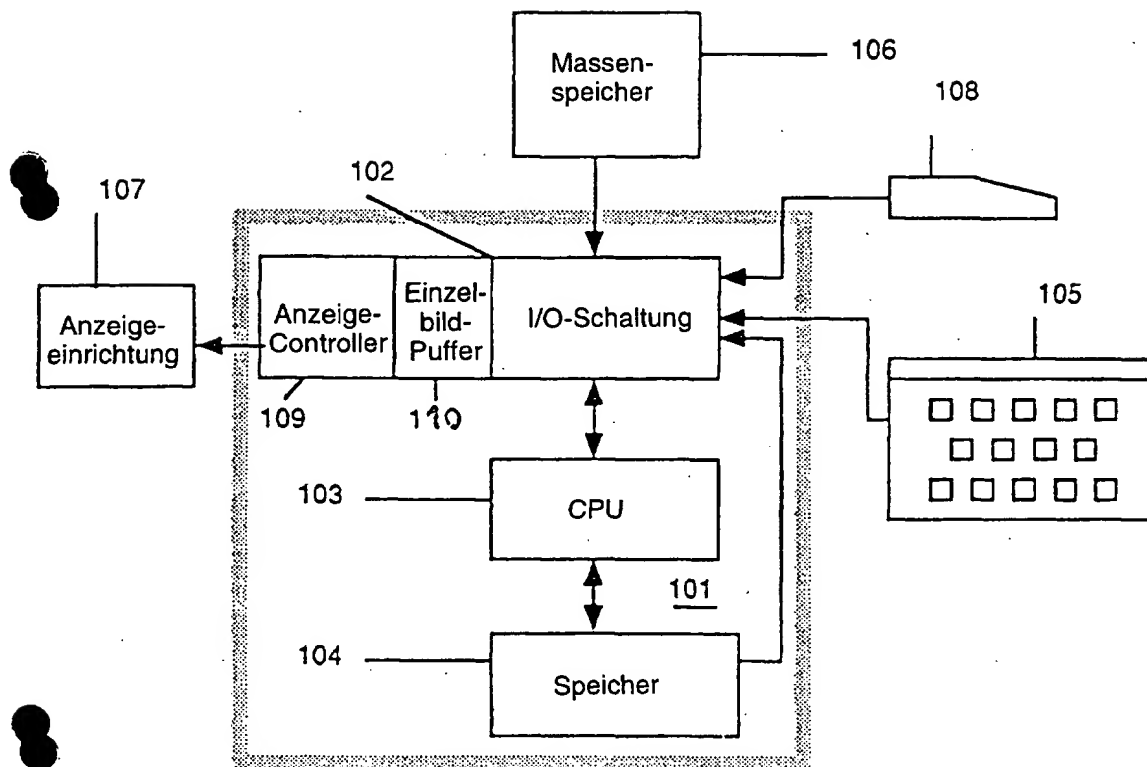
4/18



Figur 3

12.11.98

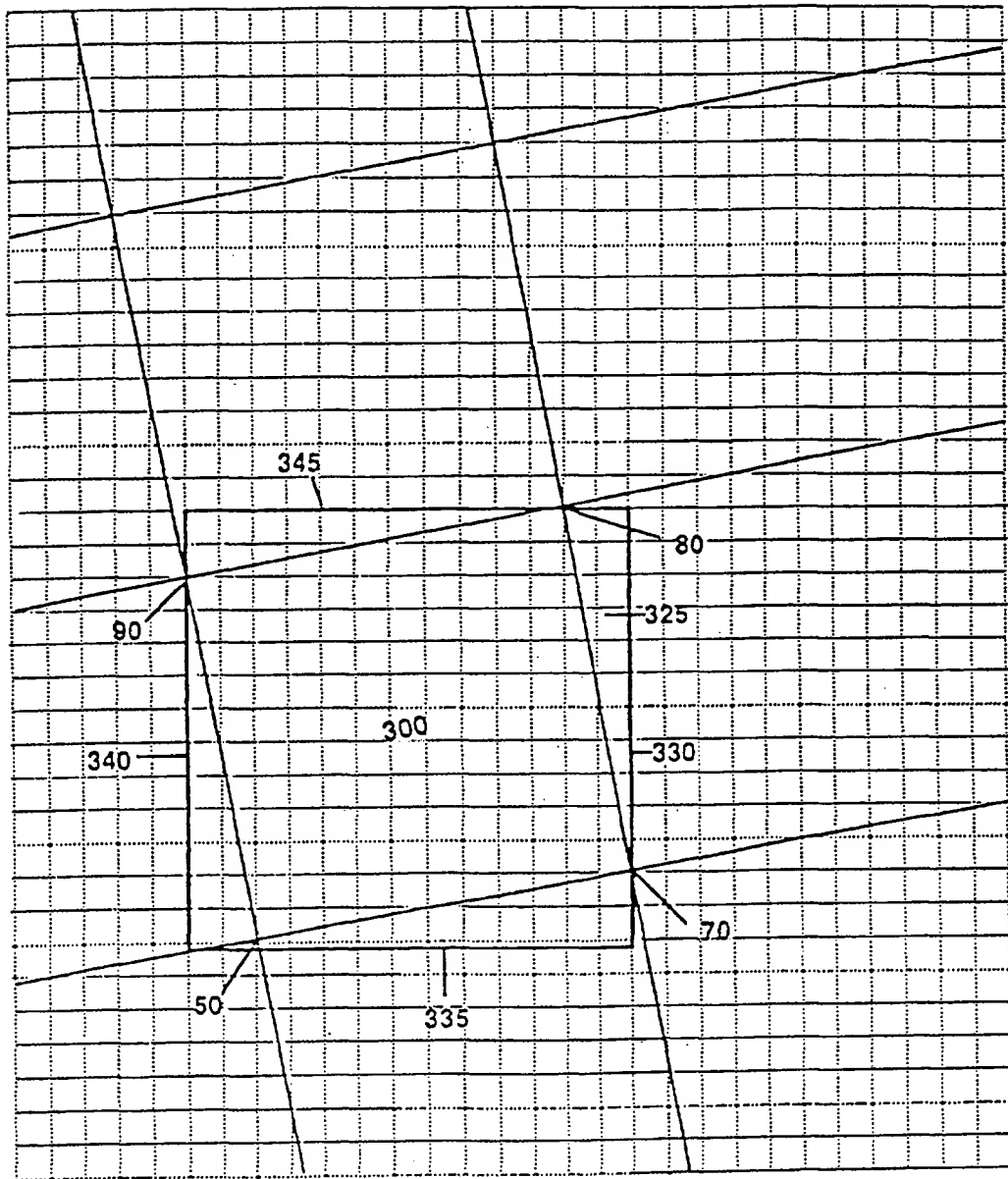
5/18



Figur 4

12.11.98

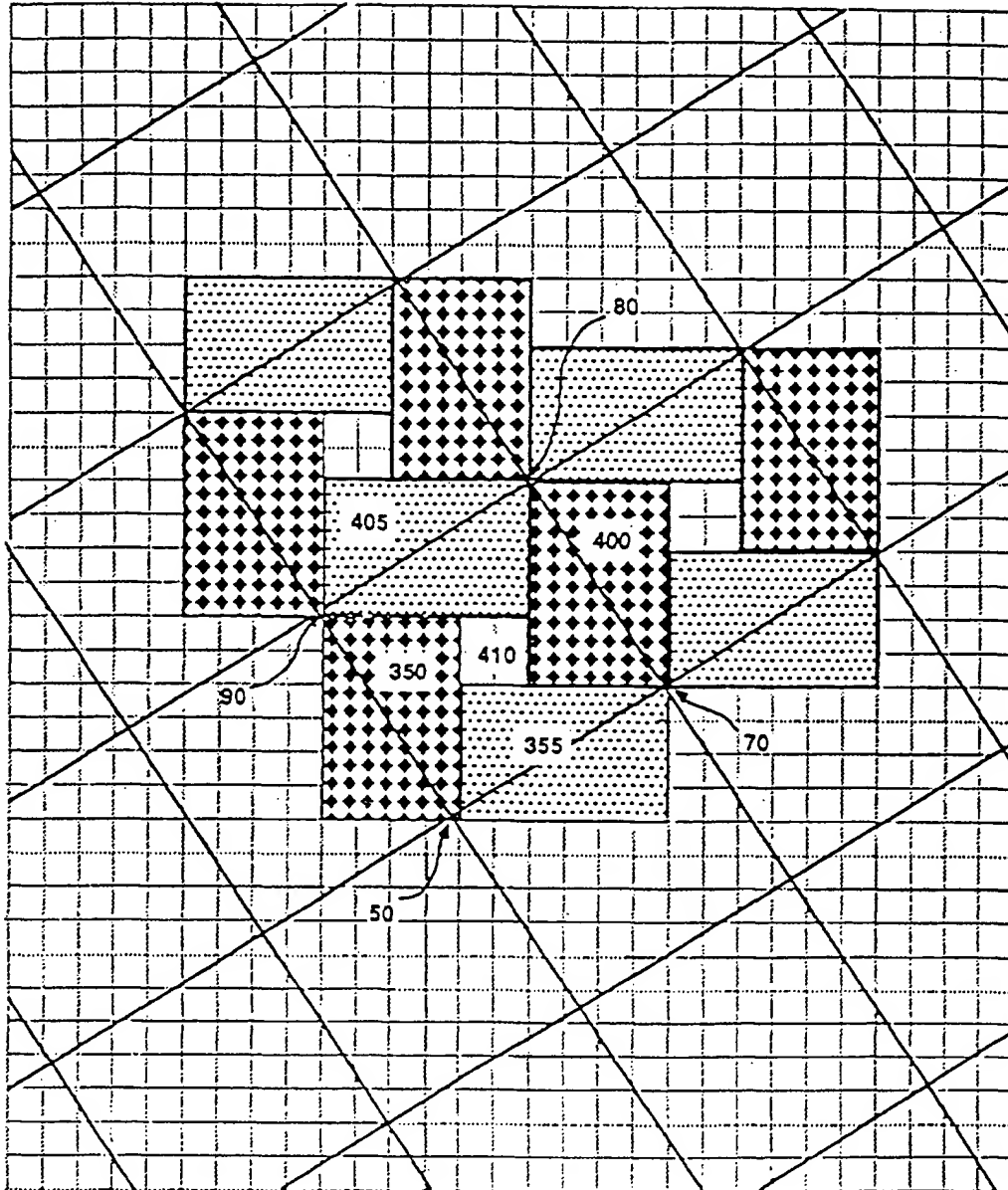
6/18



Figur 5a

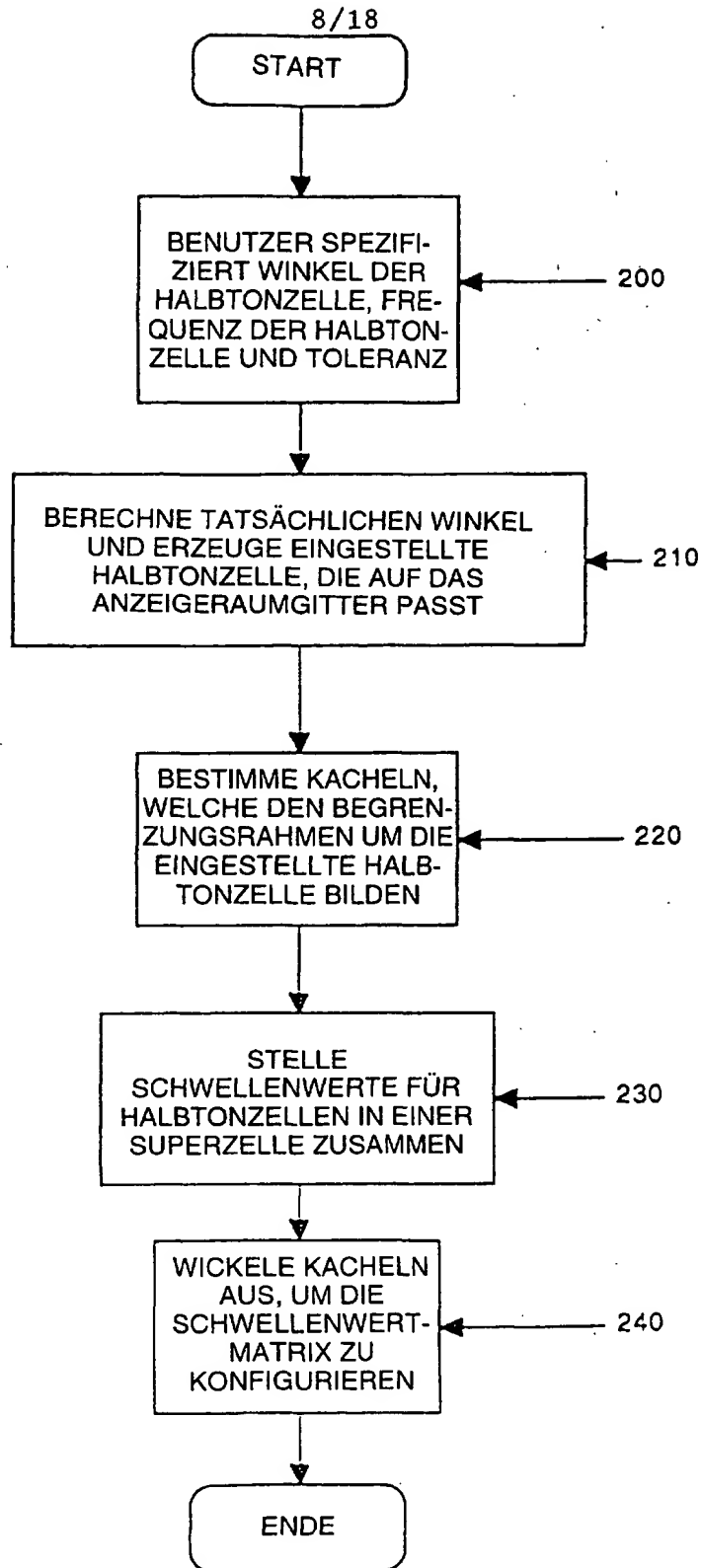
12.11.98

7/18



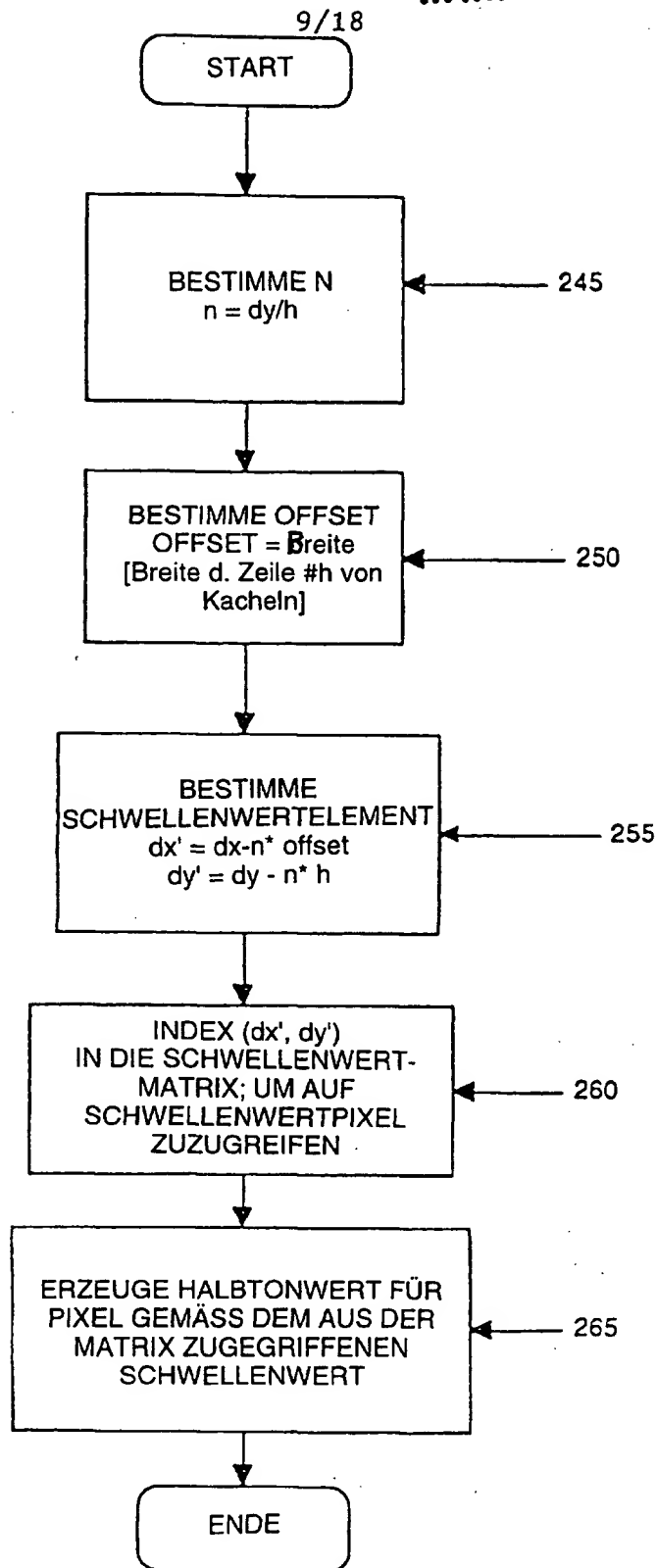
Figur 5b

12198



Figur 6a

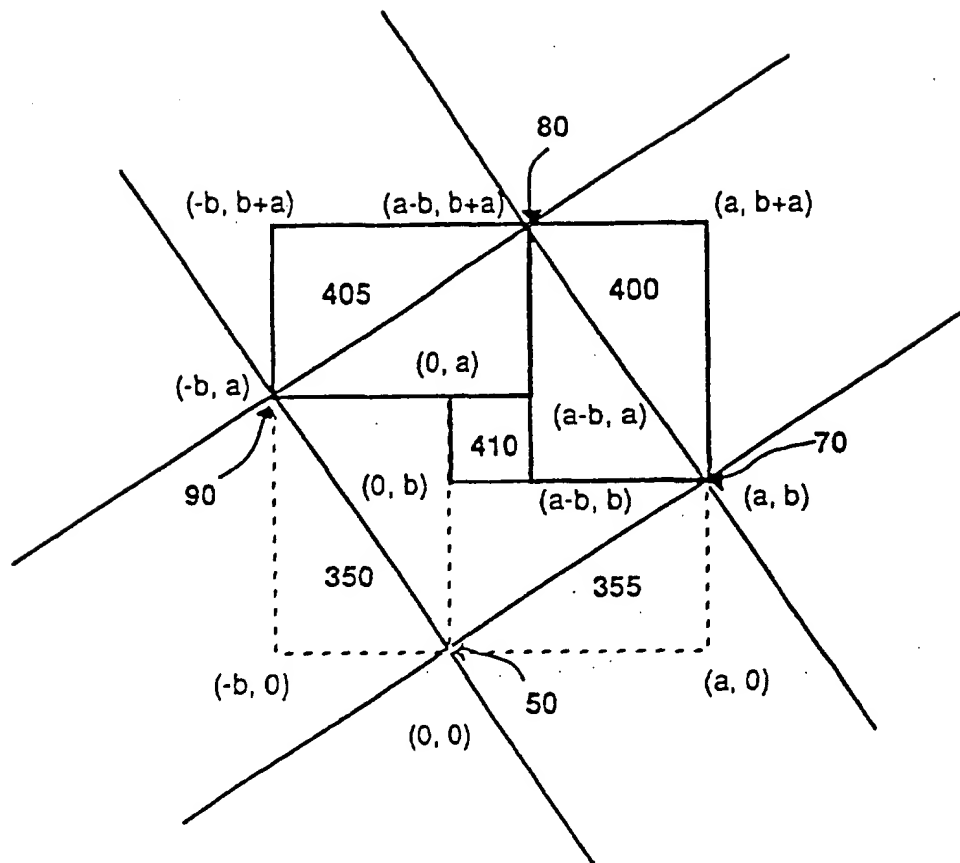
12.11.98



Figur 6b

12.11.98

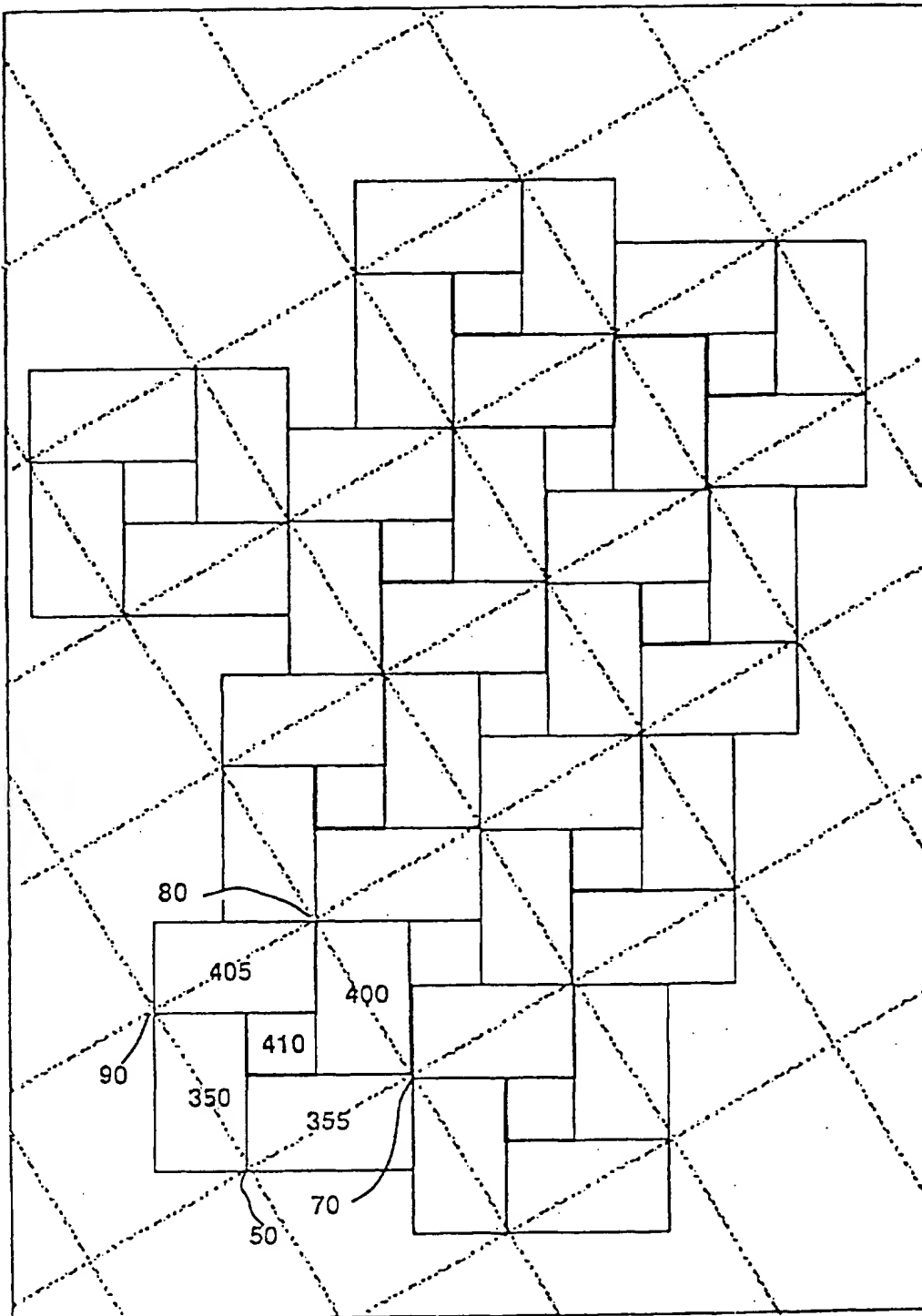
10/18



Figur 7a

12.11.98

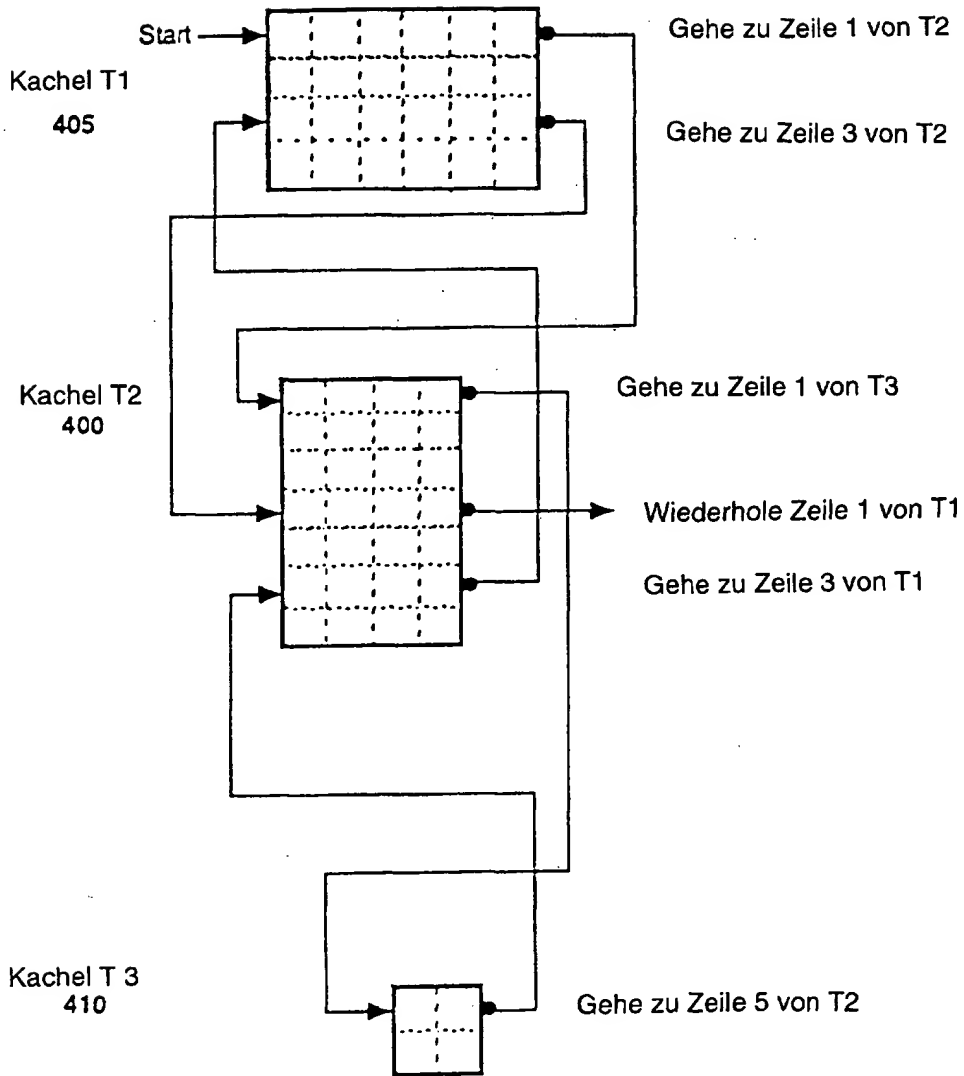
11/18



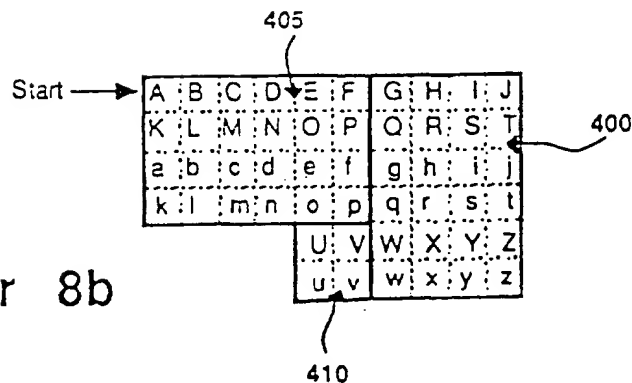
Figur 7b

12.11.98

12/18



Figur 8a

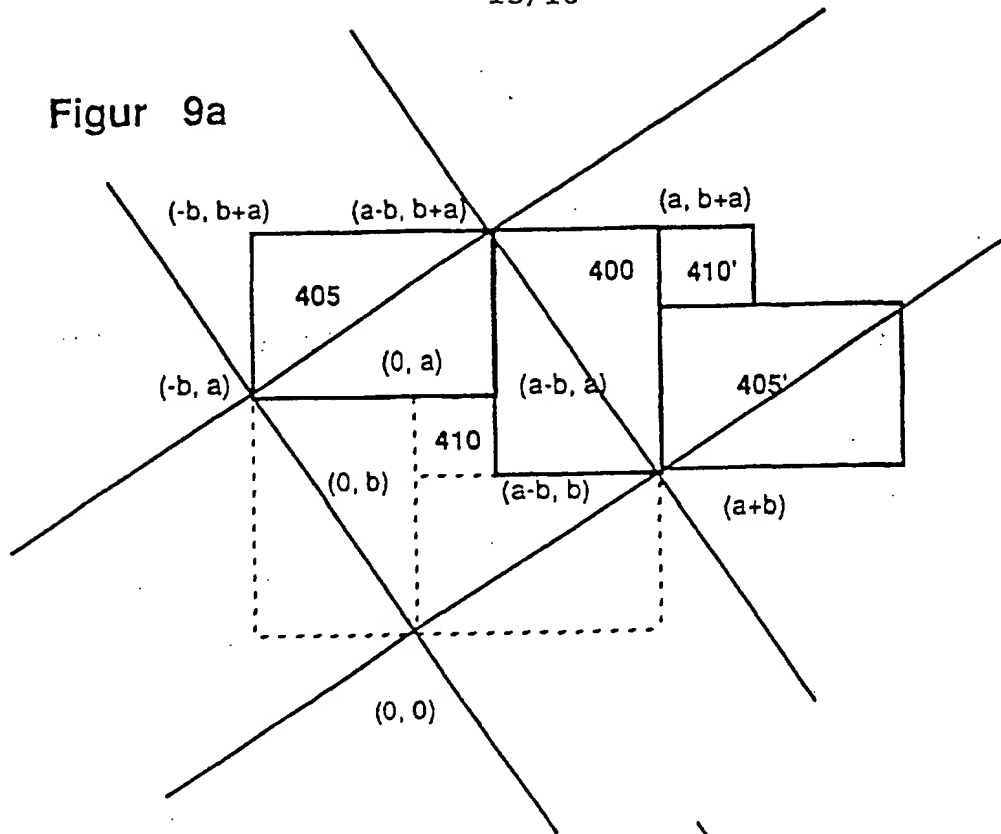


Figur 8b

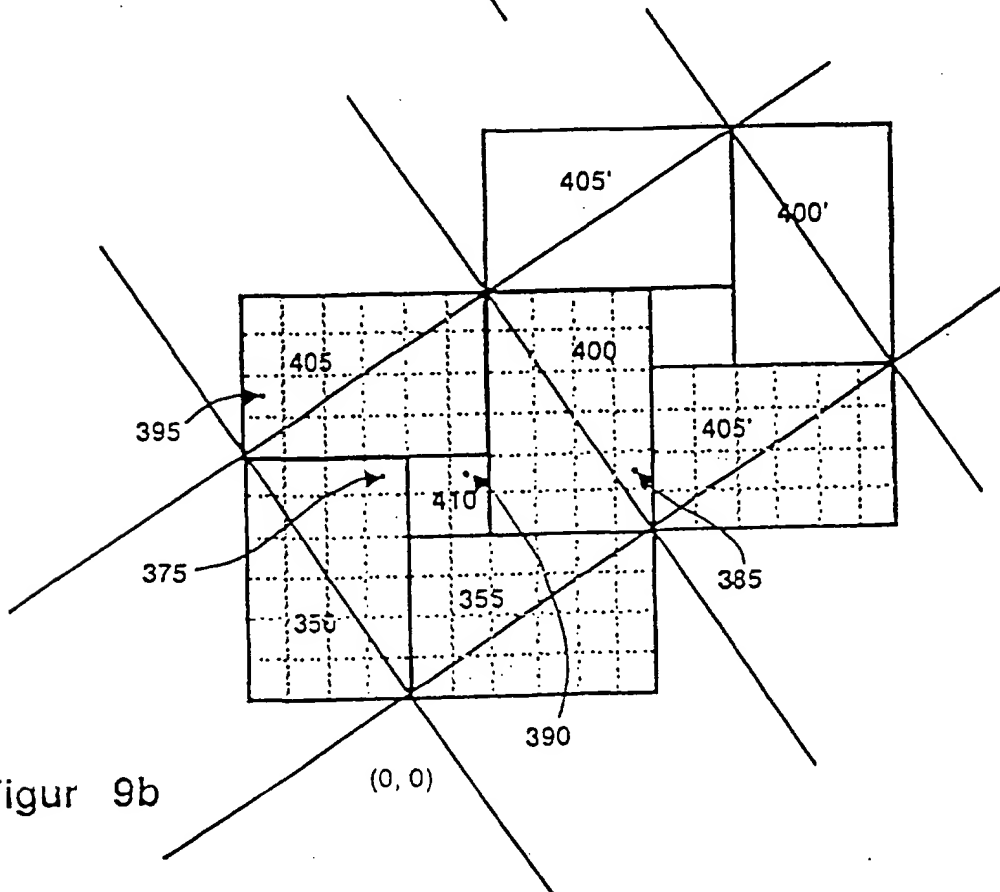
12.11.98

13/18

Figur 9a



Figur 9b



12.11.98

14/18

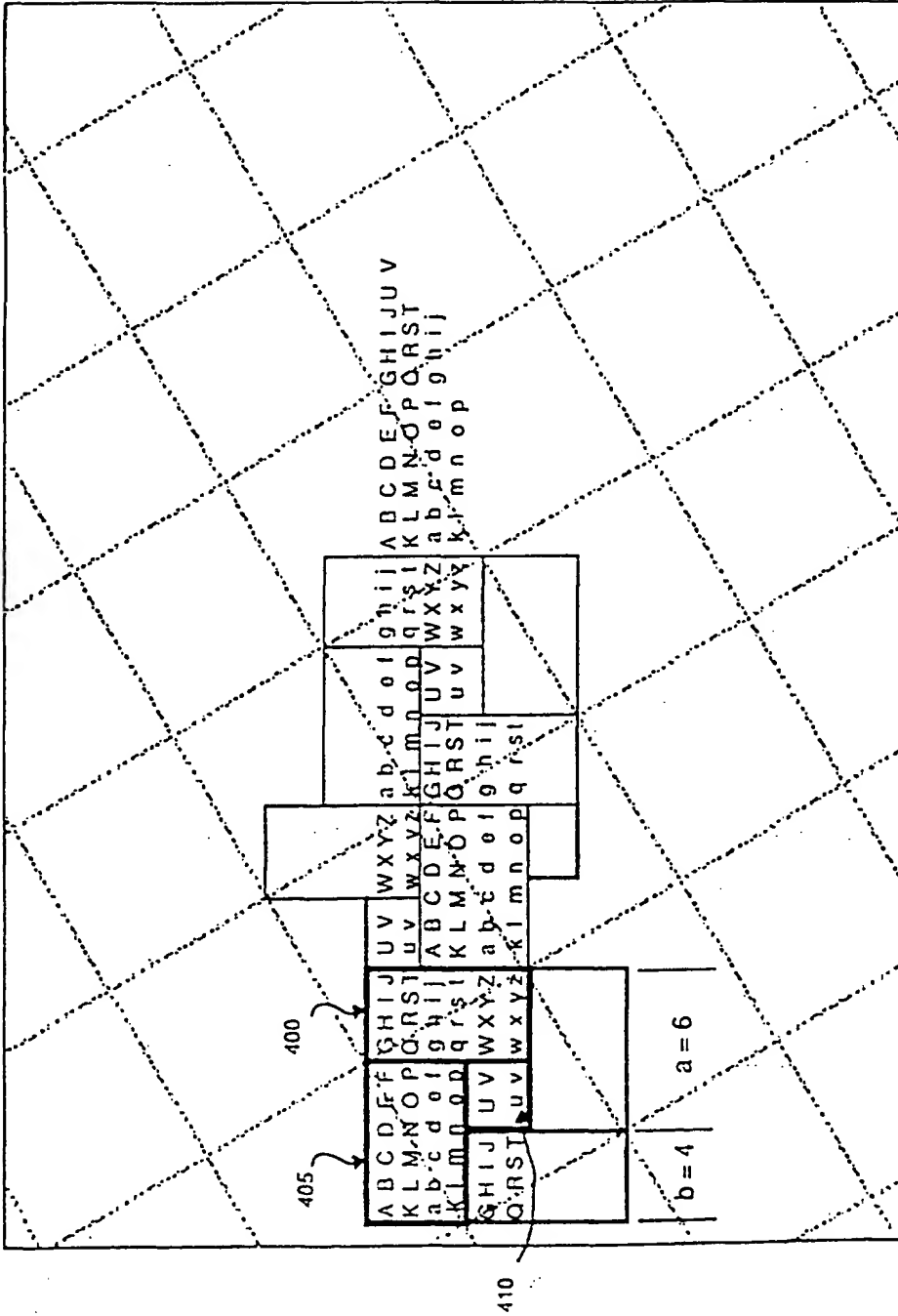
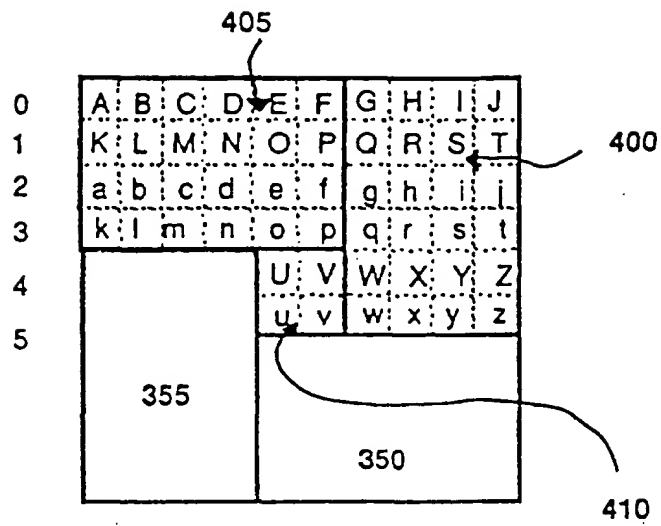


Figure 10a

12.11.98

15/18



Figur 10 b

$(0+4) \bmod 6=4$					
A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	I	U
V	W	X	Y	Z	a
b	c	d	e	f	g
h	i	j	A	B	C
D					
$(2+4) \bmod 6=0$					
0					
4					
2					
0					
$(1+4) \bmod 6=5$					
K	L	M	N	O	P
Q	R	S	T	U	V
W	X	Y	Z	k	l
m	n	o	p	q	r
s	t	K	L	M	N
$(3+4) \bmod 6=1$					
1					
5					
3					
1					

Figur 10c

12.11.98

17/18

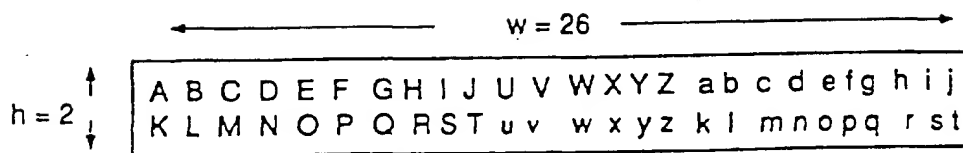
$$W = 10 + 6 + 10 = 26$$

$h = 2$

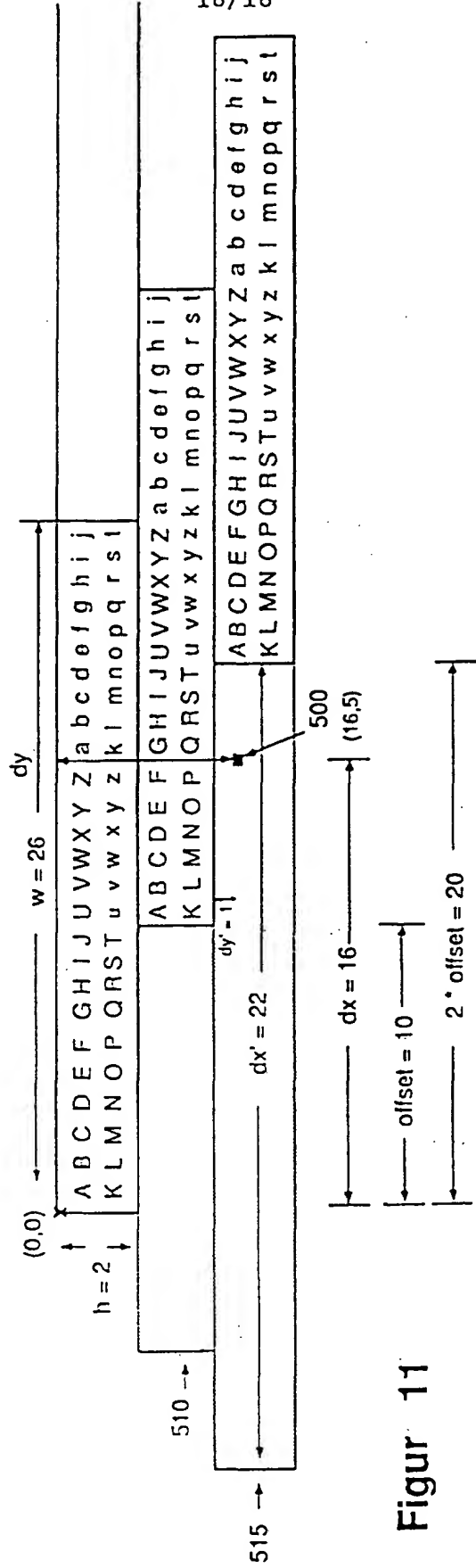
0	4	2
1	5	3

10 6 10

Figur 10d



Figur 10e



Figur 11